

الألف  
كتاب  
الشاف

٢٠٨

اسحق عظيموف

# العلم وآفاق المستقبل

ترجمة : د/ السيد عطا





العِلْمُ وَآفاقُ الْمُسْتَقْبَلِ

## الألف كتاب الثاني

الإشراف العام

د. سمير سرحان

رئيس مجلس الإدارة

مدير التحرير

أحمد صليحة

سكرتير التحرير

عزت عبدالعزيز

الإخراج الفني

لمياء محرم

# العِلْمُ وآفاق المستقبل

تأليف  
إسحق عظيموف  
ترجمة  
د. السيد عطا



الهيئة المصرية العامة للكتاب  
١٩٩٥



## الفهرس

الموضوع	الصفحة
مقدمة . . . . .	٧
<b>الجزء الأول</b>	
الكيمياء الطبيعية . . . . .	١١
الفصل الأول	
بالتخليق وليس بالاكتشاف . . . . .	١٣
الفصل الثاني	
الملح والبطارية . . . . .	٣٠
الفصل الثالث	
امور جارية . . . . .	٤٦
الفصل الرابع	
دفع الخطوط . . . . .	٦١
الفصل الخامس	
اشرقى ايتها الشمس المبشرة . . . . .	٦٧
<b>الجزء الثاني</b>	
الكيمياء الحيوية . . . . .	٩٥
الفصل السادس	
السم في السائب . . . . .	٩٧
الفصل السابع	
اقتناء الاثر . . . . .	٦١٥
الفصل الثامن	
العنصر الشيطاني . . . . .	١٣١

## الفصل التاسع

١٤٥ . . . . . قليل من مواد التخمير

## الفصل العاشر

١٥٩ . . . . . فصل الكيمياء الحيوية

## الجزء الثالث

١٧٣ . . . . . الكيمياء الأرضية

## الفصل الحادي عشر

١٩٩ . . . . . الوقت في غير موعده

## الجزء الرابع

١٩١ . . . . . الفلك

## الفصل الثاني عشر

١٩٣ . . . . . الوقت في غير موعده

## الفصل الثالث عشر

٢٠٧ . . . . . اكتشاف الفراغ

## الفصل الرابع عشر

٢٢٣ . . . . . كيمياء الفراغ

## الفصل الخامس عشر

٢٣٨ . . . . . قاعدة كثرة الضئيل

## الفصل السادس عشر

٢٥٣ . . . . . النجوم العملاقة

## الفصل السابع عشر

٢٦٨ . . . . . العلم وأفاق المستقبل



## مقدمة

لقد كتبت حتى الآن ٣٢٩ مقالة علمية لمجلة « الابداع والخيال العلمى » ، بواقع مقالة فى كل عدد شهرى على مدى ٢٧ سنة بلا انقطاع ! وقد حرصت على جمع كل ست مقالات فى كتيب ، وبعض المقالات مكررة فى أكثر من كتيب ، غير أن هذا الكتاب : « العلم وآفاق المستقبل » يضم آخر ١٧ مقالة من رقم ٣١٣ حتى ٣٢٩ .

ولا شك أن كتابة مثل هذا العدد من المقالات ليست بالأمر الهين ، حتى بالنسبة لشخص يعشق الكتابة مثلى ويجدها باليسر الذى أراه .

ولعل وجه الصعوبة يتمثل فى احتمال أن يبدأ المرء يكرر نفسه ! وأعتقد أنه من المستحيل أن يتلافى المرء ذلك الاحتمال تماما ، فيتبنى أن تكون كل مقالة مكتملة ، تحسبا لأن تنشر فى العدد الوحيد الذى قد يقع بالصدفة بين يدى واحد من القراء العابرين ، ولذلك أجدنى فى كثير من الأحيان مضطرا لشرح شئ تناولته بالشرح فى مقالة سابقة . وقد اكتفى فى بعض الأحيان ، إذا كان الأمر ثانويا ، باللجوء الى الكتابة الهامشية أو بتوجيه القارئ الى المقالة التى تتضمن التفسير المعنى فى الكتاب أو حتى فى كتاب آخر . أما لو كانت المسألة جوهرية ، فلا مفر من إعادة الشرح .

ولكن ماذا لو حدث وكررت دون أن أتنبه ، مقالة كاملة تناولتها من قبل ؟ لقد حدث ذلك بالفعل خلال الفترة التى كتبت فيها المقالات السبع عشرة الواردة فى هذا

الكتاب • وسوف يجد القارئ هذه القصة المروعة ( بالنسبة  
لى على الأقل ) فى فقرات المقدمة للفصل السادس •

ومن حسن الطالع انى أدركت ذلك قبل فسوات  
الأوان ، ولكن سيأتى الوقت لا محالة ( لو طال بى العمر  
ويدأت الشيخوخة تنخر فى عقلى وتعبث يذاكرتى ) الذى  
أقع فيه فى محظور تكرار مقالة دون أن أتنبه انى قد كتبتها  
من قبل • وإذا لم يكتشف رئيس تحرير مجلتنا المجل هذا  
الخطأ ( وما الذى يبعثه على ذلك ؟ ) فسوف تنشر المقالة ،  
وعندئذ سوف يرسل لى ما يصل الى ألف من القراء دمئى الخلق  
يلفتون نظرى الى هذه الزلة ، أما البعض الأقل لطفا فسوف  
ينسبون ذلك يلا شك الى عته الشيخوخة ، أو ما يعرف حاليا  
باسم « مرض الزهايمر » ( أيها الدكتور المسكين الزهايمر ،  
آية طريقة تحقق لك بها الخلود ! ) •

وحتى لو نحيينا ذلك الاحتمال جانبا ، فماذا عن مسألة  
تحقيق توازن معقول بين كل هذه المقالات !

وكان قد قيل لى ، عندما طلبت منى المجلة كتابة هذه  
المقالات ، ان لى مطلق الحرية فى اختيار المواضيع ما دمت  
أرى أن ما اختاره يقع فى دائرة اهتمام قراء المجلة • ولاشك  
أنهم كانوا يتوقعون أن يكون الطابع العلمى هو السمة  
الغالبة فى هذه الموضوعات ، حيث يصف الاتفاق المبرم بيننا  
نوع العمل المطلوب بأنه « مقالة علمية » •

ولم يزعجنى ذلك مطلقا ، فأنا مولع بلا حدود بالعلوم ،  
وذلك بكل تأكيد هو حال قراء الخيال العلمى • ومع ذلك  
كنت فى بعض الأحيان أستغل حرية الاختيار التى منحتنى  
اياها المجلة فأكتب مقالات تتعلق فى المقام الأول بالتاريخ  
أو الاجتماع أو بمجرد طرح وجهات نظرى فى هذا الموضوع  
أو ذاك ، بل بلغ بى الأمر أن اقتصرت فى عدد من المقالات  
على الحديث عن سيرتى الذاتية •

ولم يذّن ذلك يحدث كثيرا ، ولذّن المجله ظلت عند وعدها ، فلم يحدث مطلقا ان اعيدت الى مقالة ، او حتى طلب منى تعديل جملة واحدة فى أى موضوع تناولته .

ومع ذلك فلن يضيرنا أن نستبعد هذه المقالات التى حدنا فيها عن الخط ، حيث ان ما يربو على ٩٥٪ من المقالات تتركز على شتى فروع العلم .

ولعلّى اتساءل الآن : هل وازنت بين مختلف فروع العلم؟ ولعلكم تتساءلون : هل كنت أجلس أمام الآلة الكاتبة واراجع بعض المعادلات الرياضية ثم أقول : « نعم » . انه دور الكتابة عن الفيزياء الحيوية أو الأثروبولوجيا أو الكيمياء الفلكية؟

لا . . لا أستطيع ذلك ، فهذا من شأنه أن يصعب الامر وأن يفقدنى حرية الحركة . ولذلك ، فقد ألجأ - عندما يتم الشهر دورته - الى استفتاء نفسى واستطلاع ما تميل اليه . . وكانت الفكرة تواتينى أحيانا على التو ، أو تستغرق بعض الوقت فى أحيان أخرى ، ولكن أينما تتجه نفسى ، فهذا هو موضوعى .

ويختل التوازن نتيجة لذلك ، فمن شأن بعض فروع العلم أن تستهوينى أكثر من غيرها ، وربما كتبت فى هذه المواضيع أكثر مما تستحقه .

ولم يحدث مطلقا أن أجريت تحليلا إحصائيا لما كتبت ، ولكن لدى انطبعا قويا بأن الموضوعات المتعلقة بعلم الفلك فاقت غيرها من أفرع العلم الأخرى . ولا غرابة فى ذلك فالفلك هو العلم المفضل والمحجب الى نفسى ، رغم أننى لم أتلّق أية دراسة عن الفلك سواء فى الجامعة أو المدرسة ، ولكن بما انى من هواة الخيال العلمى لأكثر من نصف قرن ، فلا بد أن يشكل الفلك جانبا كبيرا من عالمى . ( وكان أحد القراء قد طلب منى بغضب شديد ذات مرة أن أقلل من المقالات المخصصة لعلم الفلك ، ولم أعره بالطبع أى التفات ) .

وأعتقد في المقابل أن الكيمياء كانت أقل فروع العلم حظا في مقالاتي ( بالنظر الى أهميتها ) . وقد يبدو ذلك غريبا ، فلقد كانت الكيمياء هي التخصص الذي حصلت فيه على درجة الدكتوراه منذ قرون مضت ( هكذا يبدو الأمر بالنسبة لي ) . والأكثر من ذلك اني مازلت أحتفظ بمنصبى الأكاديمي كأستاذ للكيمياء الحيوية في كلية الطب بجامعة بوسطن . لماذا اذن لا أكتب في الكيمياء ؟

ثمة سببان لذلك : الأول هو أنى أعرف الكثير في هذا العلم ولذلك أجد صعوبة في الحديث عنه بشكل واضح يسر ، حيث أميل دائما ، ورغما عني الى التعمق لأكثر مما تحتمل المقالة . والثاني هو أنى قد سئمت نوعا ما ، بعد كل هذه السنين من دراسة هذا العلم وتدريسه ، الحديث فيه . ومن ثم ، لكم أن تتخيلوا مقدار دهشتي حين أكتشف وأنا أجمع هذا الكتاب أن المقالات السبع عشرة الأخيرة قد خرجت عن المؤلف ، حيث انصبت احدى عشرة واحدة منها على الكيمياء ! أما المقالات الست الأخرى فهي تتحدث عن الفلك ، ومع ذلك احتلت الكيمياء مساحة كبيرة في اثنتين منها .

ولم يحدث ذلك من قبل مطلقا ! وليس يوسمى الا أن أعرب عن أملى فى ألا يسبب لكم ذلك أى ازعاج . والواقع انى لست متكبرا لدرجة تحول دون أن أسالكم معروفا ، فأرجوكم لا تدعوا ذلك يزعجكم .

الجزء الأول

الكيمياء الطبيعية



## الفصل الأول

### بالتخليق وليس بالاكتشاف

تلقيت ذات يوم اعلانا من احدى المجلات المعنية بأمور التأليف يدعوني للاشتراك فيها \*

والواقع أن ذلك المسمى من المجلة لم يكن سوى ورقة خاسرة ، فلا أنا أهوى الاشتراك في مثل هذه المجلات ولا ألقى بالا لكتب تعليم الكتابة ، ولا ألتقي دروسا في هذا الموضوع .  
ففى المرات القليلة التى تصادف أن احتككت فيها بمثل تلك المسائل كنت أكتشف أن الكثير مما أفعله ، ولا أفعله ، مليء بالأخطاء ، وكان ذلك يصيبني بالاحباط ويثير سخطي \*  
ولو أنى توسعت فى البحث عن أخطائى لمجزت عن الكتابة وعن ترويج كتبى ، وذلك مآل الموت أهون منه \*

وبينما كنت أتصفح الاعلان بغير اكتراث لفت نظرى أنه موجه لى بصفة شخصية ، وكان يقول :

« تخيل كم هو رائع أن تكتب على صفحات مجلة قومية أو غلاف واحد من أكثر الكتب رواجا فى البلاد عبارة ( بقلم اسحق عظيموف ) » \*

وتعجبت ، فلماذا أتخيل شيئا هو يحدث بالفعل !

ومضى الاعلان يحددنى بصفة شخصية ويقول : « لا شيء يضارع أن ترى اسمك على أحد المطبوعات ، أو يضارع الدخول الاضافى الذى يمكن أن يعود عليك من بيع المخطوطات ..  
لديك اليوم أربعة أسباب وجيهة لتكون كاتباً مستقبلاً ..  
انها محاولة أخرى .. » 100 \*

محاولة أخرى ؟ اننى لم انته بعد من المحاولة الأولى !  
 من الواضح أن الكمبيوتر ليس مبرمجا لرفع أسماء  
 الكتاب العاملين فعلا من قائمته - أو لعل ذلك الاسم الروسى  
 العجيب الذى أحمله لم يقنع الكمبيوتر بأنى كاتب بالفعل .  
 وليس ذلك يأمر مستبعد ، فلقد كان أيضا الاسم الروسى  
 العجيب هو أحد الأسباب الرئيسية التى أدت الى حرمان  
 الكيميائى الروسى دميتري ايفانوفيتش مندليف ( ١٨٣٤ -  
 ١٩٠٧ ) من نيل جائزة نوبل لعام ١٩٠٦ رغم أنه حقق  
 ما يمكن أن يعد بالفعل أهم انجاز كيميائى فى القرن  
 التاسع عشر .

ومن هذا المنطلق سنبدأ بمندليف .



فى عام ١٨٦٩ أعد مندليف الجدول الدورى للعناصر ،  
 وهو جدول صنف فيه العناصر وفقا لأوزانها الذرية ،  
 ورتبها فى صفوف وأعمدة بحيث تقع العناصر المتماثلة فى  
 خصائصها الكيميائية فى نفس الصف .

ولقد اقتضى ترتيب العناصر بشكل صحيح فى الجدول  
 ترك بعض المربعات فارغة ، غير أن مندليف كان على ثقة  
 كبيرة بأن هذه الفراغات سوف تملأ بعناصر لم تكتشف بعد .

وكانت هناك فراغات أسفل عناصر الألمنيوم والبورون  
 والسيليكون ، وأطلق مندليف على العناصر التى توقع أنها  
 ستملأ تلك الفراغات « اكا المنيوم » و « اكا بورون »  
 « واكا سيليكون » - ويعنى لفظ « اكا » فى اللغة الهندية  
 القديمة « واحد » ، والمقصود هنا أن العناصر الغائبة هى  
 تلك التى تلى مباشرة الألمنيوم والبورون والسيليكون .

ولقد تبين مع الوقت أن مندليف كان صائبا تماما فيما  
 ذهب اليه - ففى عام ١٨٧٥ اكتشف العنصر اكا المنيوم



وأطلق عليه اسم « جاليوم » ، وفى عام ١٨٧٩ اكتشف  
الأكابورون وسمى « سكانيوم » ، ثم فى عام ١٨٨٥  
اكتشف الأكاسيليكون عرف باسم « جرمانيوم » . وكانت  
خصائص العناصر الجديدة تتفق تماما مع تلك التى تنبأ  
بها مندليف من متعلق الانتظام الذى يتم عنه الجدول  
الدورى .

غير أن اثنين من الفراغات التى حددتها مندليف ظلا  
شاغرين حتى وفاته . ويقع الفراغان ، الواحد تلو الآخر ،  
أسفل عنصر المنجنيز . وقد أطلق على الأول « اكامنجنيز »  
وعلى الثانى « دفائ - منجنيز » . ولفظ « دفائ » معناه  
فى الهندية القديمة « اثنين » .

وبعد سبع سنوات من وفاة مندليف ، وعلى وجه التحديد  
فى عام ١٩١٤ ، أعاد الفيزيائى الانجليزى هنرى جوين -  
جيفريز موسى ( ١٨٨٧ - ١٩١٥ ) تفسير الجدول الدورى  
وفقا للنظريات الجديدة للتركيب الذرى . وقد أتاح موسى  
بهذا التفسير تخصيص «رقم ذرى» مميز لكل عنصر . وبذلك  
صار واضحا أنه لا مجال لتوقع اكتشاف عنصر جديد يقع  
ترتيبه بين عنصرين لهما رقمان ذريان متتاليان . وذلك يعنى  
أيضا أن أى مكان شاغر فى قائمة الأرقام الذرية انما يخص  
عنصرا لم يكتشف بعد .

ورغم أن مكان كل من العنصرين المجهولين «اكا منجنيز»  
و « دفائ - منجنيز » ظل شاغرا فى عهد موسى ، إلا أنه تم  
تحديد الرقم الذرى لكل منهما ، فأصبح اكا منجنيز هــو  
العنصر ٤٣  $\#$  ودفائ - منجنيز - العنصر ٧٥  $\#$  ، وسرمن  
لهما من الآن فصاعدا بهذين الرقمين .

وكان قد تم فى ذلك الوقت اكتشاف الاشعاع الذرى ،  
وبدا أن كل العناصر ذات الأرقام الذرية من ٨٤ فأكثر هى  
عناصر مشعة ، بينما تلك التى يبلغ رقمها الذرى ٨٣ فأقل  
فانها تبدو مستقرة .

ولعلنا الآن ننحى العناصر المشعة جانبا ونتناول  
العناصر المستقرة ، وسنبداً بالقاء الضوم على ما نمنيه  
يقولنا « عنصر مستقر » \*

فى عام ١٩١٣ أثبت الكيمياءى الانجليزى فريدريك  
سودى ( ١٨٧٧ - ١٩٥٦ ) أن كل عنصر ينقسم الى عدة  
أنواع اسمها « النظائر » (isotopes) . وتحمل نظائر العنصر  
الواحد نفس المكان فى الجدول الدورى ، والواقع أن كلمة  
(isotope) تمنى فى اليونانية « نفس المكان » \*

وقد اتضح أن كل العناصر بلا استثناء لها عدد من  
النظائر ، ويصل هذا العدد فى بعض الأحيان الى أربع  
وعشرين . ويتمثل وجه الاختلاف فيما بين نظائر العنصر  
الواحد فى التركيب النووى ، فهى تتماثل كلها فى عدد  
البروتونات فى النواة ( وهو ما يمثل الرقم الذرى للعنصر )  
ولكنها تختلف من حيث عدد النوترونات \*

أما العناصر ذات الرقم الذرى ٨٤ فأكثر فتتسم  
نظائرها بعدم الاستقرار . وتتميز كل النظائر المعروفة  
لهذه العناصر بخاصية الاشعاع ولكن بدرجات متفاوتة .  
وتتسم ثلاث من تلك النظائر بمعدل اشعاعى بالغ الضالة  
بحيث قد يبقى جزء كبير من ذراتها على حاله دون تحليل  
لمصور طويلة . وهذه النظائر هى اليورانيوم ٢٣٨  
واليورانيوم ٢٣٥ والثوريوم ٢٣٢ \*

ويمثل الرقم المصاحب لاسم كل من هذه النظائر اجمالاً  
عدد ما تحتويه النواة من بروتونات ونوترونات . ولما كان  
الرقم الذرى لليورانيوم هو ٩٢ ، فهذا يعنى أن اليورانيوم  
٢٣٨ يحتوى فى نواته على ٩٢ بروتونا علاوة على ١٤٦  
نوترونا فيصبح المجموع ٢٣٨ ، ويحتوى اليورانيوم ٢٣٥  
فى نواته على ٩٢ بروتونا و ١٤٣ نوترونا . أما الثوريوم

فرقمه الذرى ٩٠ ، ومن نم تحتوى نواة التورיום ٢٣٢ على ٩٠ بروتونا و ١٤٢ نوترونا .

وفيما يتعلق بالعناصر ذات الرقم الذرى ٨٣ فأقل ، فيقسم كل ما كان معروفا منها فى عهد موسى وسودى بأنه يشتمل على واحدة وأكثر من النظائر المتميزة بالاستقرار . أى أنها تبقى بلا تغيير لفترات زمنية غير محدودة . فالقصدير على سبيل المثال له عشر نظائر تنصف كلها بالاستقرار وهى القصدير - ١١٢ و ١١٤ و ١١٥ و ١١٦ و ١١٧ و ١١٨ و ١١٩ و ١٢٠ و ١٢٢ و ١٢٤ . أما الذهب فهو عنصر مفرد ( الذهب ١٩٧ ) .

وتكاد الطبيعة فى الواقع تقتصر على النظائر المستقرة ، أما النظائر المشعة فهى نادرة ونشاطها الاشعاعى ضعيف للغاية . ويميز وجود معظم النظائر المشعة لما يستحضر من كم ضئيل منها فى المعامل عن طريق التفاعلات النووية .

وعندما أعد موسى قائمة العناصر وفقا للأرقام الذرية ، ظلت أربعة أماكن شاغرة لعناصر مجهولة من الفئة ذات الرقم الذرى ٨٣ فأقل ، وهذه العناصر هى ٤٣ # ، ٦١ # ، ٧٢ # ، ٧٥ # . وكان الكيميائيون على يقين بأن هذه العناصر الأربعة ستكتشف مع الوقت وبأنها مستقرة أو ( وهذا ما كان ينبغى أن يقال ) يشتمل كل منها على واحد على الأقل من النظائر المستقرة .

ويقع العنصر ٧٢ # أسفل الزركونيوم مباشرة فى الجدول الدورى ، ومن ثم يمكن أن يطلق عليه اسم « اكارزكونيوم » وفقا لأسلوب مندليف . ويتسم ذلك العنصر فى الواقع ( على نحو ما هو معروف حاليا ) ، بأنه شديد الشبه بالزركونيوم من حيث الخصائص الكيميائية ،

بل ان العنصرين يمثلان نوعا في تقارب خصائصهما أكثر  
من أى عنصرين آخرين فى الجدول الدورى \*

ولذلك غالبا ما كان العنصر ٧٢ # يفصل مع الزركونيوم  
عند عزله عن العناصر الأخرى ، حيث تعتمد عملية العزل  
فى المقام الأول على تباين الخصائص الكيميائية • ولم  
يكن الكيميائيون قبل عام ١٩٢٣ يدرون أن كل عينة  
مستخلصة من الزركونيوم تحتوى على نحو ٣ فى المائة من  
العنصر ٧٢ # •

وعندما لجأ الملمان ، الفيزيائى الهولندى ديرك كوستر  
( ١٨٨٩ - ١٩٥٠ ) والكيميائى المجرى جيورجى هيفيسى  
( ١٨٨٥ - ١٩٦٦ ) ، وكانا يعملان فى كوبنهاجن ، الى  
استخدام القذف بالأشعة السينية ، تبين صحة ما أثبتته موسى  
من أن العامل الفاصل فى التمييز بين العناصر هو الرقم  
الذرى وليس الخصائص الكيميائية ، وهذا يعنى أن العنصر  
٧٢ # لو كان موجودا فى خام الزركونيوم فسوف يتفاعل،  
عند التعرض للقذف بالأشعة السينية ، بطريقة مختلفة عن  
الزركونيوم، بغض النظر عن مدى تماثل الخصائص الكيميائية  
للعنصرين • وفى يناير ١٩٢٣ تمكن كوستر وهيفيسى أخيرا  
من اكتشاف وجود العنصر ٧٢ # فى الزركونيوم ومن  
فصله بكمية تكفى لدراسة خصائصه •

وقد أطلق الملمان # على العنصر ٧٢ #

« هافنيوم » نسبة الى الاسم اللاتينى لكوبنهاجن حيث تم  
اكتشاف ذلك العنصر • وقد تبين أن الهافنيوم له ست نظائر  
مستقرة هى الهافنيوم - ١٧٤ و ١٧٦ و ١٧٧ و ١٧٨ و  
١٧٩ و ١٨٠ •

وفى نفس الوقت كان ثلاثة من الكيميائيين الألمان  
يعملون على اكتشاف العنصرين المجهولين ٤٣ # و ٧٥ #  
( اكا ودفاى منجنيز ) • والكيميائيون الثلاثة هم والتر  
كارل فريديريك نوداك ( ١٨٩٣ - ١٩٦٠ ) وأيبا إيفاتاكي

( ١٨٩٦ - ) ، التى تزوجت نوداك ، وأوتويرج • وقد استدل العلماء الثلاثة بالعلاقة بين العنصرين المجهولين والمنجنيز للتهكن بخصائصهما الكيميائية ، ومن ثم حددوا بدقة نوعية الصخور المعدنية التى قد تحتوى على كميات معقولة منهما •

وفى يونيو ١٩٢٥ ، توافرت أخيرا لدى الكيميائيين الثلاثة دلائل واضحة على وجود العنصر ٧٥ # فى خام معدن يعرف باسم جادولينايت ، وتمكنوا فى العام التالى من استخراج جرام واحد من ذلك العنصر وحددوا خصائصه الكيميائية • وقد أطلقوا عليه اسم « رينيوم » نسبة الى الاسم اللاتينى لنهر الراين فى ألمانيا الغربية •

وثبت أن الرينيوم له اثنان من النظائر المستقرة هما الرينيوم ١٨٥ والرينيوم ١٨٧ •

وإذا لم يكن الهافنيوم من العناصر شديد الندرة ، حيث انه أكثر شيوعا من القصدير والزرنيخ والتنجستين ولكن تأخر اكتشافه بسبب صعوبة فصله عن الزركونيوم ، فان الرينيوم يعد من أكثر العناصر ندرة حيث لا تتجاوز نسبة شيوعه خمس درجة الذهب أو البلاتين ، ويدل ذلك على مدى صعوبة اكتشافه •

وعلاوة على الرينيوم ، أعلن نوداك وتاكى وبرج أيضا اكتشاف العنصر ٤٣ # وأسموه « ماسوريوم » نسبة الى منطقة فى بروسيا الغربية كانت فى ذلك الحين جزءا من ألمانيا وصارت الآن تابعة لبولندا •

غير أن الكيميائيين الثلاثة وقموا فريسة للهفة والمجلة فيما يتعلق بالعنصر الأخير فجانبهم الصواب ، حيث لم يستطع أحد بعدهم اثبات نتائجهم وبالتالي سقط « الماسوريوم » من اليقين الكيميائى • لقد جاء الاعلان عن ذلك الاكتشاف مبسرا ومن ثم ظل العنصر ٤٣ # مجهولا •

وجتى عام ١٩٣٦ ، ظلت قائمة العناصر ذات الرقم الذرى ٨٣ ناقلة تشتمل على فراغين يتعلقان بالعنصرين ٤٣ # و ٦١ # . لقد أصبحت تضم واحدا وثمانين عنصرا معروفا ، كل منهم على هيئة واحدة أو أكثر من النظائر المستقرة ، علاوة على عنصرين لا أثر لهما فيما يبدو .

وبعد الاعلان عن استبعاد الماسوريوم ، استأنف البحث فيزيائى ايطالى يدعى ايميليو سيجرى ( ١٩٠٥ - ) . غير أن كل محاولات لفصل العنصر ٤٣ # من صخور المعادن الخام المحتمل وجوده فيها باءت بالفشل . ولكن لحسن الطالع كان لسيجرى ميزة العمل من قبل مع الفيزيائى الايطالى انريكو فيرمى ( ١٩٠١ - ١٩٥٤ ) .

كان فيرمى يركز أبحاثه على النترون، الذى كان للفيزيائى الانجليزى جيمس شادويك ( ١٨٩١ - ١٩٧٤ ) السبق فى اكتشافه فى عام ١٩٣٢ . وكانت التجارب المتخصصة حتى ذلك الحين تتمثل غالبا فى تعريض الذرات للقذف بجسيمات ألفا ، وكانت تلك الجسيمات ، التى تحمل شحنة كهربية موجبة ، تصد وترتد بسبب النويات الذرية التى تحمل شحنة كهربية ماثلة ، وكان ذلك يزيد من صعوبة انجاح التفاعلات النووية .

أما النترونات فهى لا تحمل شحنات كهربية ، ومن ثم لن تقاومها النويات الذرية . وقد أثبتت التجارب بالفعل أن النترونات تفرغ النويات الذرية بشكل أيسر وأنجح من الجسيمات ألفا . واكتشف فيرمى أيضا أن تمرير النترونات فى وسط مائى أو فى برفين قبل استخدامها فى عملية القذف يكسبها مزيدا من الفاعلية . من شأن النترونات اذن أن تفرغ النويات الذرية لعناصر مثل الهيدروجين أو الأكسجين أو الكربون ثم ترتد دون أن تتفاعل معها . وتفقد النترونات التى تنضم فى البداية بسرعة

الانطلاق - بعضا من طاقتها فى هذه العملية علاوة على ما تفقده أصلا نتيجة تمريرها فى الماء أو البرافين - ومن شأن مثل هذه النترونات البطيئة أن تصطدم بالنويات بقوة محدودة ، فتقل فرصة ارتدادها بينما يزيد احتمال تغلفها فى النواة .

وعندما يلج مثل هذا النترون البطيء فى النواة الذرية ، عادة ما تحرر تلك النواة جسيما بيتا ( الذى يعد فى الواقع الكترونا سريع الحركة ) ، وبالتالي تفقد النواة الشحنة السالبة لذلك الالكترن ، أو بمعنى آخر تكتسب شحنة ايجابية ، وذلك يوازى القول بأن أحد النترونات فى النواة قد تحول الى بروتون . وبما أن النواة اكتسبت بذلك بروتونا فإن رقمها الذرى سوف يزيد بمقدار واحد عن ذى قبل .

وقد أجرى فيرمي تجارب عديدة بالقذف بالنترونات لتحويل عنصر ما الى العنصر الذى يليه مباشرة فى الرقم الذرى ( أى بفارق واحد ) . وفى عام ١٩٣٤ أجرى هذه التجربة على اليورانيوم . وكان اليورانيوم برقمه الذرى ٩٢ ، يتصدر كل العناصر المعروفة ، ومن ثم اعتقد فيرمي أن يوسعه الحصول بهذه الطريقة على عنصر جديد هو العنصر ٩٣ # وهو عنصر لم يكن له وجود فى الطبيعة (حسب علمهم فى ذلك الحين) . وتصور فيرمي أنه نجح فى تجربته ، غير أن النتائج كانت معقدة بدرجة حالت دون تأكيد ذلك الاعتقاد، بل انها أسفرت عن شيء يتجاوز فى اثراته (وأيضا شؤمه) مجرد تخليق عنصر جديد .

وقد استفاد سيجرى من أبحاث فيرمي . فإذا كان فيرمي قد حاول تخليق عنصر جديد من اليورانيوم ٩٢ ، فلم لا يطبق نفس الأسلوب على عنصر لا يتدلى الجدول الدورى؟ وما دام قد تعذر على الكيميائيين العثور على العنصر ٤٣ #

فلم لا يسعون الى تخليقه ، وذلك عن طريق تعريض الموليبدينوم  
( رقم ذرى ٤٢ ) الى القذف بالنترونات ؟

وقام سيجرى بزيارة جامعة كاليفورنيا وناقش الأمر  
مع الفيزيائي الأمريكى ارنست أورلاندو لورانس (١٩٠١ -  
١٩٥٨ ) . وكان لورانس قد اخترع السيكلوترون ، وهو  
جهاز كان فى ذلك الحين يحتل مركز الصدارة فى العالم من  
حيث اتاحة اجراء أعنف عمليات للقذف بالجسيمات دون  
الذرية . وقد فكر لورانس فى استخدام جهازه لتكوين  
شعاع قوى من « الدتروونات » ، أى نوى الهيدروجين ٢ .

ولما كان الدترون يشتمل على بروتون ونيوترون متحدين  
بشكل ضعيف ، فقد يحدث عندما يقترب الدترون من نواة  
ذرية أن ينفصل البروتون عن النيوترون نتيجة ما يتعرض له  
من مقاومة ، ويواصل النيوترون فى هذه الحالة طريقه الى  
داخل النواة .

وقام لورانس بتسليط الدتروونات على عينة من  
الموليبدينوم لمدة شهور حتى أصبحت العينة مشعة بدرجة  
كبيرة . ثم أرسل العينة الى سيجرى وكان قد عاد الى باليرمو  
بايطاليا وأشرك معه فى الأبحاث كارلو بيريه .

وبتحليل عينة الموليبدينوم تمكن سيجرى وبيريه من  
فصل عناصر الموليبدينوم والنيوبيوم والزركونيوم من العينة  
ولكن كلها عناصر غير مشعة ! ولما لجأ الفيزيائيان الى اضافة  
قدر من المنجنيز والرنيوم الى العينة ثم فصلهما عنها  
اكتشفا أن العنصرين اكتسبا خاصية الاشعاع . وهذا يعنى  
فيما يبدو أن خاصية الاشعاع مرتبطة بكمية طفيفة من  
المنجنيز والرنيوم موجودة فى عينة الموليبدينوم ، أو بعنصر  
آخر شديد التماثل فى خصائصه الكيميائية مع المنجنيز  
والرنيوم بحيث انفصل مع هذين العنصرين لدى فصلهما  
من العينة .



ولو كان الاحتمال التالى صحيحا ، فكل الدلائل تشير الى أن ذلك العنصر أقرب ما يكون الى العنصر ٤٣ # الذى يقع بين المنجنيز والرينيوم فى الجدول الدورى . وايضا لو كان هو العنصر ٤٣ # فان من شأنه أن ينفصل بقدر اكبر مع الرينيوم عن المنجنيز ، بما يعنى أنه أقرب للرينيوم فى خصائصه عن المنجنيز ، وتلك سمة متوقعة للعنصر ٤٣ # وقد بذل سيجرى وبيرييه كل ما فى وسعهما لتحديد خصائص العنصر الجديد ، ولجأ فى سبيل ذلك الى استخدام خاصية الاشعاع بطرق مختلفة . غير أن الأمر كان بالغ الصعوبة ، حيث كانا يجريان تجاربهما على كم لا يزيد فى تقديرهما على عشرة أجزاء من بليون من الجرام من العنصر ٤٣ # ، وهو الكم الذى حصلنا عليه نتيجة قذف الموليبدنوم بالدتروونات .

بيد أن سيجرى اكتشف فى عام ١٩٤٠ أن العنصر ٤٣ # هو أحد نواتج عملية تفتت اليورانيوم المكتشفة حديثا ( والمستوحاة من تجربة فيرمى بتمريض ذلك العنصر للقذف بالنترونات ) . ولاحظ أن الكمية التى يمكن الحصول عليها من جراء تفتت اليورانيوم تزيد كثيرا عما يسفر عن عملية قذف الموليبدنوم . وقد أتاح ذلك التعرف على خصائص العنصر ٤٣ # بقدر كبير من الدقة .

ولعلنى أشير فى هذا السياق الى أننى أشعر بفخر شديد ، فلقد كتبت فى فبراير ١٩٤١ قصة بعنوان « سوبر نترون » وحرصت على أن تكون المعلومات الواردة بها حديثة تماما . وقد نشرت القصة فى سبتمبر ١٩٤١ فى السلسلة القصصية المعروفة باسم « حكايات مذهلة » ، وكانت تتضمن شخصية تتحدث عن الطرق البدائية لتوليد الطاقة . ومن بين ما ورد على لسان هذه الشخصية « أعتقد أنهم استخدموا الطريقة التقليدية لتفتت اليورانيوم من أجل الحصول على الطاقة ، لقد سلطوا على اليورانيوم نترونات بطيئة مما أدى الى تفتته

الى ماسوريوم وباريوم وأسعه جما فضلا عن مزيد من التترونبات مما جعل العملية تتم بشكل دورى » \*

وهذا صحيح ! فلقد علمنا ، نحن كتاب الخيال العلمى ، بهذا الأمر رغم محاولة الحكومة فرض حظر على المسألة برمتها \*

وتجدر الاشارة الى أنى أسميت العنصر ٧٢# فى القصة ، « ماسوريوم » . فلقد كان هذا هو الاسم الوحيد المتاح فى ذلك الحين ، حتى وان لم يكن معترفا به ، حيث لم تكمل جهود نوداك وتاكى وبرج فى فصله عن المادة الغام بالنجاح الكامل : غير أن الكيميائى البريطانى الالماني الأصل فريدريك أدولف بانيث ( ١٨٨٧ - ١٩٥٨ ) أكد فى عام ١٩٤٧ أن العنصر المخلوق اصطناعيا لابد أن يتطابق تماما مع العنصر الموجود فى الطبيعة بحيث يمكن القول بأن اكتشاف الأول يكافئ اكتشاف الثانى \*

واستحسن سيجرى وبرييه هذه الفكرة ، وسرعان ما استخدمنا حق المكتشف فى تسمية اكتشافه ، فاطلقا على العنصر ٤٣# اسم « تكنيتيوم » وهو مستمد من كلمة « تكنيوس » اليونانية التى تعنى « اصطناعى » \*

وكان التكنيتيوم هو أول عنصر يستحضر اصطناعيا فى المعمل ، ولكنه لم يكن الأخير . فقد تم تصنيع تسعة عشر عنصرا آخر بهذه الطريقة ، غير أن التكنيتيوم كان أقل هذه العناصر فى رقمه الذرى . ولم يكن يبدو أن ثمة احتمالا لتخليق أى عنصر جديد يقل رقمه الذرى عن ذلك . وبالتالي يكون التكنيتيوم هو العنصر الصناعى الأول سواء على الصعيد الزمنى أو من حيث موقعه فى الجدول الدورى . \*

ولقد كشفت دراسة خصائص التكنيتيوم عن مفاجأة . فرغم أنه تم تحضير النظائر الست عشرة للتكنيتيوم فى المعمل ، تبين انها تتسم كلها - وبلا استثناء - بعدم الاستقرار

•• كلها نظائر مشعه - ومن غير الواراء - وفقاً لما هو معروف الآن - أن تكتشف مستقبلاً نظيرة مستقرة للتكنيتيوم • وبالتالي يعد التكنيتيوم ، من حيث الرقم الذرى ، أقل العناصر التى ليس لها نظائر مستقرة ، أنه أبسط عنصر مشع •

غير أن نظائر التكنيتيوم تتفاوت فى شدة اشعاعها • وتقاس شدة الاشعاع لعنصر ما بما يعرف باسم « نصف العمر » وهو الزمن اللازم لأن يتحلل نصف أية كمية من ذلك العنصر عن طريق الاشعاع • ويقدر نصف عمر التكنيتيوم ٩٢ ب ٤ر٤ دقيقة ، بينما يقتصر نصف عمر التكنيتيوم ١٠٢ على خمس ثوان فقط • وهذا يعنى أن الأرض لو كانت كلها مكونة من تكنيتيوم ١٠٢ لتحللت تماماً وتحولت الى مجرد ذرة واحدة فى مدة لا تتجاوز خمس عشرة دقيقة • لكن فى المقابل يصل نصف عمر التكنيتيوم ٩٩ الى ٢١٢ ألف سنة والتكنيتيوم ٩٨ الى أربعة ملايين ومائتى ألف سنة والتكنيتيوم ٩٧ الى مليونين وستمائة ألف سنة • وتعد هذه المدد طويلة بمقاييس البشر • ولو تم تخليق عينة من أى من هذه النظائر ، فلن يتحلل منها سوى نسبة ضئيلة للغاية على مدى عمر الانسان الفرد •

• الا أن هذه المدد لا تشكل بالمقاييس الجيولوجية سوى نسبة محدودة • ولتصور ذلك فلنتخيل أن الأرض وقت تكونها منذ ٦ر٤ بليون سنة كانت مقصورة فى تركيبها على واحدة من هذه النظائر طويلة العمر • فبالنسبة للتكنيتيوم ٩٩ كانت الأرض ستتحلل تماماً الى ذرة واحدة فى غضون ٣٥ مليون سنة ، وبالنسبة للتكنيتيوم ٩٨ تمتد هذه المدة الى ٨٠٠ مليون سنة ، وبالنسبة للتكنيتيوم ٩٧ الى ٤٣٠ مليون سنة • وهذا يعنى انه لم يكن ثمة مجال لأن تبقى كمية تذكر من التكنيتيوم لأكثر من ثلاثة أرباع بليون سنة ، ولن يكون قد مضى فى ذلك الوقت سوى ١٥٪ من عمر الأرض الحالي •

وليس من احتمال لوجود عنصر التكنيتيوم فى الطبيعة حاليا سوى أن يكون قد تكون حديثا نتيجة عملية التحلل الطبيعية لليورانيوم ، غير أن الكمية المكونة من جراء مثل تلك العملية ستكون بالغة الضالة بحيث يستحيل على أى كيميائى أن يكتشفها فى أى معدن خام . وهذا يعنى أن نوداك وتاكى ويرج كانوا بالتأكيد على خطأ حين أعلنوا أنهم اكتشفوا ذلك العنصر .

وبالطبع ، فأننا حين نتحدث عن شيء موجود فى الطبيعة أو غير موجود بها عادة ما نعنى الأرض . ولكن الأرض لا تمثل نسبة تذكر من الطبيعة .

فى عام ١٩٥٢ رصد فلكى أمريكى يدعى بول ويلارد ميريل ( ١٨٨٧ - ١٩١٦ ) خطوطا طيفية لأشعة واردة من متقزبات حمراء ياردة ونسب هذه الخطوط لعنصر التكنيتيوم ، وأكدت أبحاث عديدة أخرى هذه النتائج . وقد اكتشف أن عنصر التكنيتيوم يمثل فى بعض النجوم الباردة نسبة ١ الى ١٧٠٠٠ من الحديد . وتعد هذه نسبة تركيز عالية .

ومن الواضح أن التكنيتيوم لم يتكون فى مثل هذه النجوم الباردة عند نشأتها وظل باقيا منذ ذلك الحين ، لا سيما وأن أنصاف أعمار النظائر المشعة لأى عنصر تقل مع درجات الحرارة السائدة فى جوف النجوم حتى ولو كانت من النجوم الباردة . ومن ثم فلا مجال الا أن يكون التكنيتيوم الموجود حاليا فى النجوم ناجما عن عملية متواصلة حتى الآن . ولنحاول أن نتدارس على وجه التحديد ماهية التفجرات النووية التى من شأنها أن تسفر عن انتاج التكنيتيوم بالكميات الموجودة ، لعلنا نكتشف شيئا مفيدا عن التفاعلات النووية فى النجوم الأخرى ، مما قد يساعدنا على القاء مزيد من الضوء على ما يحدث فى شمسنا .

ويبقى عنصر واحد لم نتحدث عنه فى فئة الأرقام الذرية للعناصر المفترض أنها مستقرة ، وهو العنصر ٦١ #

وهو يمثل المكان الشاغر الوحيد في هذه الفئة - وهو أيضا واحد من العناصر النادرة في الأرض -

ولم يحدث أن اكتشف أحد العناصر ٦١ في الطبيعة ، وذلك رغم ادعاء مجموعتين من الكيميائيين ، مجموعة أمريكية وأخرى إيطالية ، باكتشافه في عام ١٩٢٦ . وقد أسمت المجموعة الأمريكية ذلك العنصر « إيلينيوم » ( نسبة الى ولاية إيلينوى ) ، بينما أطلقت المجموعة الإيطالية عليه اسم « فلورينتيوم » ( نسبة الى مدينة فلورنس ) ، وذلك تكريما من كل من الجانبين للمكان الذي شهد الاكتشاف . غير أنه ثبت أن المجموعتين كانتا على خطأ .

وفي الثلاثينات من هذا القرن أجرت مجموعة أمريكية عملية قذف لعنصر النيوديميوم ( رقم ذرى ٦٠ ) بالذرات داخل جهاز سيكلوترون سعيا لتخليق العنصر ٦١ . وقد نجحت على الأرجح في إنتاج مسحة من ذلك العنصر ولكن ليس بقدر يكفي لاثبات وجوده . ومع ذلك اقترحت المجموعة أن يسمى « سيكلونيوم » .

وأخيرا ، وفي عام ١٩٤٥ ، اكتشف ثلاثة من الأمريكيين ، هم ج. أ. ماريسكي ول. أ. جليندنين وك. د. كورييل ، كمية مناسبة من العنصر ٦١ ، ضمن نواتج عملية تفتيت لليورانيوم ، تكفى لتحديد خواص ذلك العنصر . وقد أطلقوا عليه اسم « بروميثيوم » نسبة لاسم الاله اليونانى بروميثيوس ، نظرا لوجه الشبه بين ما قام به ذلك الاله من انتزاع النار من الشمس لصالح البشرية ، وبين انتزاع البروميثيوم من اللهب الذرى الناجم عن انشطار اليورانيوم .

وقد تم اكتشاف اربع عشرة من النظائر لعنصر البروميثيوم ليس فيهم عنصر واحد مستقر ، شأنه في ذلك شأن التكنيتيوم . وذلك يعني أن هناك واحدا وثمانين عنصرا فقط لهم ، على حد علمنا ، واحدة أو أكثر من النظائر المستقرة ، وأن نوداك وتاكي ويرج كان لهم الشرف في أنهم كانوا آخر مجموعة تكتشف عنصرا مستقرا هو الزينيوم .

ويتسم عنصر البروميثيوم بقدر من عدم الاستقرار يفوق كثيرا نظيره في التكنيتيوم . ويمد البروميثيوم ١٤٥ أطول نظائر البروميثيوم بقاء ، ومنع ذلك لا يتجاوز نصف عمره ١٧٧ سنة .

ومن ناحية أخرى ظل هناك مكانان آخران شاغرين في فلق العناصر المشعة التي يربو زقمها الذرى على ٨٣ ، وذلك حتى ما بعد اكتشاف التكنيتيوم . ويتعلق الأمر بالعنصرين ٨٥ # و ٨٧ # . وقد تردد في الثلاثينات أنهما قد اكتشفا وأطلق عليهما تباعا اسم «الابامين» و «فريجينيوم» ولكنها كانت مزاعم خاطئة .

وفي عام ١٩٤٠ تم تخليق العنصر ٨٥ # عن طريق تعريض البيسنوت ( العنصر ٨٣ # ) للقذف بجسيمات ألفا . وكان قد عثر في عام ١٩٣٩ على آثار للعنصر ٨٧ # ضمن نواتج اليورانيوم ٢٣٥ . وقد أطلق على العنصر ٨٥ # اسم «استاتين» ( وهو مستمد من كلمة يونانية تعنى « غير مستقر » ) . وعلى العنصر ٨٧ # اسم «فرانسيوم» ( نسبة لفرنسا ) . وهى مسقط رأس مكتشف ذلك العنصر .

ويمتد الاستاتين عنصرا غير مستقر بمعنى الكلمة ، حيث لا يزيد نصف عمر أطول نظائره بقاء ، وهو الاستاتين

٢١٠ ، على ٨ر٣ ساعة • اما الفرانسيوم فيفوقه في عدم الاستقرار ، ويعمد الفرانسيوم ٢٢٣ أطول نظائره بقاء ومع ذلك يقتصر نصف عمره على ٢٢ دقيقة فقط •

وحتى العناصر التي تلى اليورانيوم ، والتي تم تخليقها معمليا حتى عام ١٩٤٠ ، ظل معظمها يتسم بقدر أقل من عدم الاستقرار قياسا بالفرانسيوم • ولا يضارع الفرانسيوم ٢٢٣ في قصر مدة بقائه سوى العناصر التي يربو رقمها الذري على ١٠٢ والتي لم يكتشف حتى الآن سوى عدد متعدي من نظائرها •

## الفصل الثانى

### الملح والبطارية

فى واحد من اللقاءات الأخيرة لشلة « عناكب الباب المسحور » ( وهو الاسم الذى نطلقه على المجموعة الصغيرة العظيمة التى أبنتى عليها ، بصفتى أرمل ، رواياتى الشريرة المثيرة ) ، روى صديقى الوفى ل \* سبراج دى كامب نكتة تاريخية لا أشك فى صحتها رغم أنى لم أسمعها من قبل .

قال : « جاء جوته ذات مرة الى فيينا لزيارة بتهوفن ، وخرجا معا فى نزهة على الأقدام ، فعرفهما أهل المدينة وسرعان ما أفسحوا للرجلين العظيمين الطريق فى رهبة وهيبة ، فكان الرجال والنساء ينحنون تحية وإجلالا » .

فقال جوته بعد فترة : « أتدرى هر فان بتهوفن ، اننى أجد أن مظاهر التملق هذه تبعث على الضجر » .

فأجابه بتهوفن قائلا : « أرجوك لا تدع ذلك يضايقك هرفون جوته ، فأنا واثق أن مظاهر التملق هذه موجهة لى » .

وضحك الجميع لهذه النكتة ، ولكن ما من أحد ضحك من قلبه مثلى ، فأنا مولع بالمبارات التى تخرج تلقائيا فى مديح الذات .

وعندما فرغت من الضحك ، قلت : « أتدرون ، أعتقد أن بتهوفن كان على حق \* فهو الرجل الأعظم » .

فرد سبراج : « لماذا يا أسحق ؟ » .

فقلت : « ليس من السهل أن يتقبل المرء شخصية جوته » .



وسادت فترة صمت قصيرة قال بعدها جان لوكوربييه  
(وهو مدرس رياضيات دمث الخلق وطيب العشرة) : « أتدرى  
يا اسحق ، لقد قلت ، ربما دون أن تدري ، شيئاً ذا مغزى  
عميق » .

وبالطبع كنت مدركاً لمغزى ما أقول ولكن لا بد للمرء أن  
يكون متواضعاً ، فقلت : « غريب حقاً يا جان - فداثماً أقول  
أشياء ذات مغزى عميق وعادة ما يغيب عني أن أدرك ذلك » -  
أعتقد أنه لا يمكن أن يكون المرء أكثر تواضعاً من ذلك !

وعلى أى الأحوال ، فمن الوارد أن يحدث فى مقالتي  
الشهرية أن أقول عرضاً ، ومن قبيل الصدفة البهتة ، شيئاً  
عويصاً - ولو لاحظ أحد شيئاً من هذا القبيل فى واجدة من  
هذه المقالات فليخبرنى به ، وسوف أقدر له ذلك .

### ★★★

ولعلنى أبدأ حديثى فى هذه المقالة بعالم التشريح الايطالى  
لويجي جالفانى ( ١٧٣٧ - ١٧٩٨ ) - كان ذلك العالم يركز  
أبحاثه على الحركة العضلية ويستخدم الخواص الكهربائية فى  
تجاربه ، وكان لديه فى معمله وعاء ليدين ، وهو جهاز يمكن  
أن تخزن فيه كمية كبيرة من الشحنات الكهربائية - ولو  
تعرض انسان لتفريغ شحنة وعاء ليدين فى جسده فسوف  
يصاب بصدمة كهربية عنيفة - وحتى لو تعرض لشحنة  
ممتدلة نسبياً فسوف تؤدى الى انقباض عضلاته والى اصابته  
بانقباضة قوية قد تبعث من حوله على الضحك .

وفى عام ١٧٩١ لاحظ جالفانى أن الشرر الناتج عن  
تفريغ شحنة وعاء ليدين من شأنه ، لو لمس عضلات الفخذ  
لضفدع حديث التشريح ، أن يجعلها تنقبض بشدة بالغة  
كما لو كان الضفدع حياً .

وكانت هذه الظاهرة معروفة من قبل ، لكن جالفانى  
لاحظ شيئاً جديداً تماماً : فلو أن مشرطاً معدنياً لمس عضلات

الفخذ الميتة في وقت تنبعث فيه شرارة من وعاء ليدين قريب فسوف تنقبض العضلة حتى لو لم يكن هناك تلامس مباشر مع الشرارة •

ويعنى ذلك ان هناك تأثيرا حركيا عن بعد • وقد برر جالفانى تلك الظاهرة بأن الشرارة الكهربائية ربما تكون قد نقلت عن طريق التأثير الحثى شحنة كهربية الى المشروط المعدنى ، وأن هذه الشحنة هي التي حركت العضلة •

ولو كان الأمر كذلك ، فلعلة بالإمكان التوصل الى نفس نوع التأثير الحركي عن بعد من جراء التعرض للبرق ، حيث كان معروفا في ذلك الوقت أن البرق هو شرارة ناجمة عن عملية تفريغ كهربى ، على غرار ما يحدث في وعاء ليدين ولكن على نطاق أضخم • ومن ثم ، فلو كان تأثير وعاء ليدين يمتد لبضعة أقدام فمن شأن تأثير البرق عن بعد أن يمتد لعدة أميال •

وعلى هذا الأساس انتظر جالفانى حدوث عاصفة ، واستعد لها بأن علق عضلات فخذ ضفدعته في خطايا نحاسية متدلية من قضيب حديد مثبت خارج نافذته • وكان له ما أراد ، فعندما ومض البرق انتفضت عضلات الفخذ ولكن ظهرت مشكلة ، فعندما كف البرق ظلت الانقباضات تتكرر مرارا •

واستمر جالفانى في تجاربه وسط حيرته ، فلاحظ أن العضلات تتعرض للانتفاض عندما تلامس الحديد وهي مدلاة من الخطايا النحاسية • أى أن العضلات عندما تلامس نوعين مختلفين من المعادن في نفس الوقت لا تتعرض للانقباض فحسب ، ولكن تتعرض لانقباضات متكررة • وبات واضحا ان الأمر لا يتعلق فيما يبدو بشحنة كهربية تفرغها العضلات مرة واحدة وانما بشحنة تتولد بشكل متكرر ••

• وثار سؤال : ما هو مصدر الكهرباء ؟

« وبدأ جالفاني ، بصفته عالم تشريح أن المصدر المعنى لابد وأن يكون العضلة » فالعضلة شيء بالغ التقيد بينهما الحديد والنحاس أن هما إلا حديد ونحاس - ومن هنا المنطلق بدأ جالفاني يتحدث عن « الكهرباء الحيوانية » .

وقد نشرت تجارب جالفاني على نطاق واسع لما اتسمت به من إثارة في نظر الناس . فالمرف السائد لديهم أن انقباض العضلات وانتفاضها سمة من سمات الحياة وأن العضلة الميتة لا تنتفض لو تركت بدون تأثير خارجي . وبما أنها تنتفض تحت تأثير التفريغ الكهربى ، فلابد وأن الكهرباء تنطوى على نوع من قوة الحياة التى تجعل العضلة الميتة تتحرك لحظيا كما لو كانت حية .

وقد أثار ذلك أفكارا مثيرة ، حيث ذهب الناس الى أنه ربما كانت هناك طرق لاعادة الحياة للانسجة الميتة باستخدام الكهرباء . وشكل ذلك اتجاها جديدا واسع المجال « للخيال العلمى » ، وأوحى فكرة رواية فرانكنشتاين التى يعتبرها البعض أول قصة ذات قيمة للخيال العلمى الصحيح .

ومنذ ذلك الوقت ظل الشخص الذى تتعرض عضلاته للانقباض تحت تأثير الصدمات الكهربائية ( أو أى تأثير حسى أو انفعالى مفاجئ آخر ) يوصف بأنه « مجلفن » .

ولم يتقبل البعض ما ذهب إليه جالفاني من وجود كهرباء حيوانية . وكان أشد معارضيه هو عالم ايطالى آخر يدعى اليساندرو فولتا ( ١٧٤٥ - ١٨٢٧ ) . كان فولتا يرجح أن تتكون المعادن هى مصدر الكهرباء وليست العضلة . وللتأكد من الأمر ، أجرى اختبارا على معدنين مختلفين فى حالة تلامس واكتشف فى عام ١٧٩٤ أنهما يؤلدان شحنة كهربية حتى فى حالة عدم وجود أية عضلة من قريب أو بعيد .

( ولما كانت السنوات الأخيرة فى حياة جالفاني قاسية ، حيث توفيت زوجته الحبيبة ، وفقد فى عام ١٧٩٧ منصبه

خاستاد في الجامعة ابن رفضه حلف يمين الولام للحكومة الجديدة التي عينها قائد انغزو القرنى الجنرال نابليون بوناپارت ، فقد اصبحت نتائج فولتا مزيدا من المارارة على جامعاى ، وما لبث ان مات بعد ذلك فى فقر ويؤس . أما فولتا فلم يكن يهمه من أمر الحكومة شيء وكان على استعداد لأن يحلف يمين الولام لأى شخص فى السلطة . ومن ثم فقد ازدهرت حياته بتولى نابليون السلطة العليا ، وازدهرت أيضا بسقوط نابليون وما بعد ذلك ) .

وكانت مسألة تولد شحنة كهربية عند تلامس معدنين مختلفين واضحة بالنسبة لفولتا ، أما تبرير ذلك فكان غامضا . ( وهذا أمر شائع فى العلوم . فالآن على سبيل المثال ، أصبحت مسألة التطور البيولوجى أمرا لا يقبل الجدل بالنسبة للمتعلقين من العلماء ، بل ان التفسير العام صار واضحا ، ولم يبق سوى بعض التفاصيل التي يدور بشأنها الجدل ) .

وفى بعض الأحيان ، يستغرق التوصل الى تفسير منطقي لظاهرة ما وقتا طويلا . وفيما يتعلق بظاهرة تولد الكهرباء نتيجة تلامس معدنين مختلفين فلم يصل أحد الى تفسير صحيح لها حتى بعد مضى قرن كامل على اكتشافها .

ولقد أصبح معروفا اليوم أن المواد تتكون من ذرات ، وكل ذرة تشتمل فى مركزها على نواة متناهية الضالة وتحمل شحنة موجبة ، وتحيط بالنواة ومجموعة من الالكترونات التي تحمل شحنات سالبة . وتعاادل الشحنة الموجبة للنواة مجموع الشحنات السالبة للالكترونات بحيث تكون الذرة فى مجموعها متعادلة ، أى بدون شحنات كهربية ، ما لم تتعرض لتأثير خارجي .

وبالامكان فصل بعض الالكترونات عن ذراتها ، ولكن تلك عملية تتفاوت فى صعوبتها بحسب نوع الذرة . فذرات

الزنك مثلا يمكن فصل الكترونها بشكل ايسر من ذرات النحاس . او بمعنى اخر يمكن القول بأن ذرات اسحاس تقبض على الكترونها بقوة تميزها عن ذرات الزنك .

ولو تخيلنا الآن قطعة من النحاس وأخرى من الزنك متلامستين بقوة ، فمن شأن الالكترونات في ذرات الزنك ، على حدود التلامس بين المعدنين ، أن تسمى الى الانزلاق والانتقال الى النحاس ، وفي نفس الوقت يسمى النحاس بما له من قبضة قوية الى انتزاع الالكترونات من الزنك .

وبانتقال الالكترونات السالبة يكتسب النحاس شحنة عامة سالبة . أما الزنك فإنه يتعرض ، بفقدته الالكترونات ، لخلل في الاتزان الكهربى حيث تقل الشحنة السالبة عن تلك الموجبة الموجودة اصلا في النواة ، مما يسفر عن تكون شحنة موجبة للزنك . وهذا الفارق في الشحنة هو الذى يرصده الباحثون ، وهو الذى يكسب هذا الاتصال المعدنى الخاصية الكهربائية .

ولكن هل يمكن استمرار تدفق الالكترونات من الزنك الى النحاس ، وبالتالى تولد شحنة كهربية عند الاتصال المعدنى ، الى ما لا نهاية ؟ لا ، ذلك غير صحيح . فمع اكتساب النحاس شحنة سالبة يبدأ فى مقاومة وطرد الالكترونات السالبة ( عملا بمبدأ تنافر الشحنات المتماثلة ) وذلك يزيد من صعوبة انتقال مزيد من الالكترونات الى النحاس . ومن ناحية أخرى فمن شأن الشحنة الموجبة المتبقية في الزنك أن تجتذب ما تبقى من الكترونها ( عملا بمبدأ تجاذب الشحنات المتضادة ) فيصعب ذلك من افلات مزيد من الالكترونات .

وكلما ازداد مقدار الشحنة الكهربائية المكتسبة ، ازدادت صعوبة تقبل مزيد من الشحنة . وسرعان ما ينتهي الحال بهذه العملية الى التوقف التام ولكن بعد أن تكون قد تولدت شحنة كهربية ضئيلة ، ولكنها قابلة للقياس .

وحتى هذا التأثير الضئيل له فوائده - فعندما تتغير درجة الحرارة ، تتغير معها قوى الجاذبية بين الالكترونات ونوات الذرات ولكن ينسب تفاوت من معدن لآخر . وينعكس هذا أيضا على اتجاه تحرك الالكترونات من معدن الى آخر عند تلامسهما ، وبالتالي على مقدار الشحنة الكهربائية المكونة فزيد أو تقل بحسب الحالة - ومن ثم يمكن استخدام مثل هذه « الموصلات الكهروحرارية » كترموترات لقياس الحرارة .

غير ان فولتا كان يستهدف تصميم جهاز يمكن ان تستخلص منه الشحنة الكهربائية المكونة ، وفي نفس الوقت يتيح اعادة توليد الشحنات . ولما كانت المعادن المختلفة تؤدي الى انتفاض المضلة في تكرارية مستمرة ، فلا بد وأنها تولد الشحنة الكهربائية بنفس الطريقة . ولو تم سحب هذه الشحنة بمعدل لا يزيد على معدل التولد ، فهالامكان الحصول على تيار مستمر من الكهرباء .

وذلك هدف عظيم ، فقد اقتصر العلماء في أبحاثهم على مدى أكثر من ألفي سنة ، وحتى ذلك الحين ، على دراسة « الكهرباء الستاتيكية » . أي الشحنة الكهربائية التي تنشأ في موضع ما وتظل في مكانها الى أن تتحرك لحظيا من خلال عملية تفرغ . أما ما كان يرمى اليه فولتا فهو انتاج « كهرباء ديناميكية » ، أي شحنة كهربائية تتحرك بانتظام عبر موصل لفترة غير محددة . وتسمى مثل هذه الظاهرة في المعتاد « تيارا كهربيا » ، نظرا لأوجه التماثل المتديدة في الخصائص بينها وبين التيار المائي .

ويقتضى تحقيق الانسياب للكهرباء ايجاد الوسط الذي تنساب خلاله . وكان معروفا أن محاليل بعض العناصر غير العضوية توصل الكهرباء . وبناء على ذلك ، استخدم فولتا في عام ١٨٠٠ أكثر تلك العناصر شيوعا ، وهو ملح الطعام أو كلوريد الصوديوم .

كان قولنا. يقتزم أن يبدأ تجربته بسلطانية نصف مملوءة.  
بماء مالح ، وأن يغمس في أحد جوانبها شريحة تخان وفي  
الجانب الآخر شريحة زنك . - غير أنه تكرر في أن الثاني  
سيضعف اذا استخدم عددا من مثل هذه الأوعية . - ومن ثم  
صنع مجموعة من الشرائح المعدنية الخاصة ، كل منها له  
طرف من الزنك والطرف الآخر من النحاس .

ووضع أوعية الماء المالح الواحد بجانب الآخر ، ثم جعل  
الشرائح على هيئة حدود الحصان وغمس الطرف الزنكي في  
وعاء والطرف النحاسي في الوعاء الذي يليه ، وهلم جرا ،  
حتى حصل في نهاية المطاف على سلسلة من الأوعية كل وعاء  
يحتوي في أحد جوانبه على طرف من الزنك وفي الجانب  
الآخر على طرف من النحاس ، والاثنان مغموسان في الماء  
المالح .

واتضح أن مجموع الشحنة الكهربائية يزداد مع زيادة  
عدد الأوعية . وقد تمكن قولنا في هذه التجربة من تحقيق  
انتقال هذه الشحنة من الطرف الزنكي المغموس في جانب  
واحد من سلسلة الأوعية إلى الطرف النحاسي لنفس الشريحة  
وهو مغموس في الجانب الآخر من الوعاء التالي ثم تنتقل  
الشحنة عبر الماء المالح إلى الطرف الزنكي في الجانب المقابل  
من الوعاء لتبدأ الدورة من جديد مع الشريحة التالية .  
وهكذا حصل قولنا على تياره الكهربائي ( الذي يتكون بالطبع  
ونصفه أساسية من سيل من الالكترونات ) ولكن قولنا لم  
يكن يعلم ذلك ) .

وقد أطلق العالم الإيطالي على هذه المجموعة من الأوعية  
اسم « أكليل الأكواب » حيث كان قد صفها على هيئة هلال .  
ويمكن بمفهومنا الحالي أن نسمى كل وعاء « خلية » .  
ولفظ خلية هو لفظ شائع الاستخدام ويطلق على الواحد من  
أقسام أية مجموعة مكونة من وحدات صغيرة نسبيا ، وهو  
مستخدم في حالة السجون والأديرة والأنسجة الحية وما إلى

ذلك • وفي حالة الخلايا المولدة للجهد ياء يطلق عليها احيانا « الخلايا الفولتائية » ، أو « الخلايا الحلفائية » تكريما للرائدين العظيمين في هذا المجال ، ولكن جرت العادة على تسميتها ببساطة « الخلايا الكهربية » لتمييزها تماما عن الانواع الأخرى من الخلايا •

ثم برز اسم آخر مستوحى من فكرة أن أية آلية تستخدم للأجهزة على شيء تسمى « بطارية » • وفي عهد فولتا ، كانت قد جرت العادة على إطلاق اسم « بطاريات المدفعية » على صفوف المدافع التي تطلق نيرانها في نفس الوقت عند تدمير اسوار مدينة أو قلعة أو ضرب صفوف العدو • ومن هذا المنطلق أصبح اسم بطارية يطلق على أية سلسلة من الأشياء المتماثلة التي تعمل معا لانجاز هدف واحد •

ويعد « اكليل الأكواب » الذي اخترعه فولتا مثالا لذلك ، ومن ثم أصبح فولتا مبتكر ما سمي « بالبطارية الكهربية » •

وقد شاع فيما بعد استخدام لفظ بطارية حتى شمل أى مصدر للكهرباء يتضمن معادن وكيماويات ( حتى لو اقتصر المصدر على خلية كيميائية واحدة وليس بطارية من تلك الخلايا ) •

ولما كان كلوريد الصوديوم هو أحد المكونات الرئيسية على أول بطارية يبتكرها فولتا ، كان ذلك هو مصدر الاسم الذي اخترعته لهذا المقال •

غير أن ما يعد من فائدة البطارية التي اخترعها فولتا هو سهولة تلف واحد أو أكثر من الأوعية نتيجة التعرض لحركة رجاء أو غير مقصودة • ولأن يقتصر الضرر فى هذه الحالة على مجرد توقف التيار ولكن ثمة احتمالا لحدوث ماس كهربى ، وبالتالي فمع الأسلم التفكير فى طريقة لانتاج بطارية تتسم بقدر أكبر من الوقاية •



ولذلك استعاض فولتا عن ذلك باختراع عبقري آخر .  
فقد اعد مجموعة صفائح صغيرة من الزنك والنحاس وورصها  
الواحدة تلو الأخرى بالتبادل وجعل بين كل زوج من  
الصفائح فاصلا من الورق المقوى المشبع بمقدار من الماء  
المالح يوازى نصف حجم السلطانية فى البطارية القديمة ،  
ثم وضع كل ذلك فى غلاف أسطوانى فحصل على بطارية  
جديدة رائعة . ويكفى توصيل طرفى البطارية بسلك  
ليسرى فيه التيار الكهربى .

وما أن اخترعت البطارية حتى فتحت آفاقا جديدة فى  
العلوم . فلم تكد تمضى ستة أسابيع على نشر نتائج فولتا  
حتى يادر باحثان انجليزيان ، هما وليم نيكولسون ( ١٧٥٣ -  
١٨١٥ ) و أنتسونى كارلايل ( ١٧٦٨ - ١٨٤٠ ) ، الى  
تمرير تيار كهربى فى مياه تحتوى على قدر ضئيل من حامض  
الكبريتيك لاختبارها كمحلول موصل للكهرباء .

ولاحظ الباحثان أن التيار الكهربى أحدث مفاجأة لم  
تكن لتحدث بأية طريقة أخرى فى ذلك الوقت ، فقد حلل  
جزئى الماء الى مكوناته الأصلية : الهيدروجين والأكسجين .  
لقد اكتشف نيكولسون وكارلايل بذلك التحليل بالكهرباء أو  
التحليل الالكترولى .

وقد آتاحت تلك التقنية للكيميائيين اثبات أن حجم  
الهيدروجين فى تركيب الماء يعادل ضعف حجم الأكسجين ،  
وأدى ذلك بالتالى الى التحقق من أن كل جزئ ماء يحتوى  
على ذرتى هيدروجين وذرة أكسجين ، بحيث يمكن كتابة  
معادلة المياه على النحو المروف حاليا يد ١٢ .

وكان من الطبيعى أن يتطلع الكيميائيون الى استخدام  
التيار الكهربى لتحليل أنواع أخرى من الجزيئات التى  
فشلت معها كل التقنيات الأخرى . وتاما مثلما يتسابق  
الفيزيائيون فى القرن العشرين فى بناء « مفتتات للذرة » ،

على هيئة أجهزة تكسب الجسيمات سرعات فائقة لتزيد من قدرتها التفتيتية ، كان الكيميائيون يتنافسون في مطلع القرن التاسع عشر لتصميم « مفتحات للجزيئات » ذات قنارات عالية وذلك على هيئة بطاريات .

وفاز في هذا السباق الكيميائي الانجليزي همفري ديفي ( ١٧٧٨ - ١٨٢٩ ) حيث صنع بطارية تحتوي على ٢٥٠ شريحة معدنية . وكانت تلك أكبر بطارية تنتج حتى ذلك الحين وتتسم بالقدرة على توليد أقوى تيار كهربى . ثم أخذ ديفي يعد ذلك يحاول تحليل عناصر شائعة مثل البوتاس والجير ، وهى عناصر كان الكيميائيون فى ذلك الحين على يقين من أنها تحتوي على ذرات معدنية متحدة مع الأكسجين . ولم يكن أحدهم قد نجح حتى ذلك الوقت فى فصل ذرات الاكسجين عن الذرات الأخرى لتكوين معدن نقي .

وعلى مدى عامى ١٨٠٧ و ١٨٠٨ استخدم ديفي بطاريته لتحليل الجزيئات ، ويمكن من فصل البوتاسيوم من البوتاس والكالسيوم من الجير كما فصل الصوديوم والباريوم والامترنتيوم من مركبات أخرى . وتمد كل تلك العناصر معادن نشطة وأنشطها: البوتاسيوم . ومع شأن البوتاسيوم أن يتفاعل مع الماء فيتحد مع الأكسجين ويحرر الهيدروجين بطاقة كبيرة ، حتى ان ذلك الغاز يتحد مع الأكسجين الموجود فى الجو فى تفاعل يبلغ من شدته أن يولد لهبا . وعندما رأى ديفي ذلك وأيقن أنه قد تعلق فى اكتشاف عنصر لم يره أحد من قبل ويتسم بخصائص لم يتصورها أحد ، انطلق يقفز فى حركات بهلوانية هستيرية - وله كل الحق فى ذلك .

وتحتوى كل بطارية على عنصر قابل لأن يفقد الكترونات ويصبح ذا شحنة موجبة ، وعنصر آخر له القدرة على اكتساب الالكترونات ليصبح ذا شحنة سالبة . وهذان العنصران هما « القطبان الكهربيان » للبطارية ، « القطب الموجب » و « القطب السالب » .

وكان « رجل كل المصور » الأمريكي بنجامين فرانكلين ( ١٧٠٦ - ١٧٩٠ ) هو أول من أكد أن التيار الكهربى يعتمد على نوع واحد من السيولة وأن بعض العناصر لديها فائض من هذه السيولة والبعض الآخر لديه عجز • ولكن لم تكن هناك وسيلة ، حين طرح هذه الفكرة نحو عام ١٧٥٠ ، لتحديد أى العناصر يحتوى على فائض فى السيولة وأىها لديه عجز فيها • وقد لقي ذلك الاستنتاج قبولا علميا وأصبح عرفا منذ ذلك الحين • وعلى سبيل المثال ، فى حالة بطارية فولتا ( النحاس / زنك ) يشكل النحاس ( حسب فكرة فرانكلين ) القطب الموجب والزنك القطب السالب • ولو أن التيار ينساب من الفائض الى العجز ، وهو أمر طبيعى ، لانساب ( أيضا حسب فكرة فرانكلين ) من النحاس الى الزنك •

وكانت فرصة فرانكلين فى أن يكون فكره صائبا تعادل خمسين فى المائة ، ولكنه خسر الزهان • ففائض الالكترونات ، غلبى نحو ما تعلم حاليا ، موجود فى القطب الذى وصفه فرانكلين بالسالب والعجز موجود فى القطب الذى أسماه موجبا ، وتنساب الالكترونات ( وبالتالى التيار الكهربى ) من الزنك الى النحاس • وبسبب خطأ فكرة فرانكلين اضطررنا الى القول بأن الالكترونات ، التى تشكل وقود التيار الكهربى ، تجعل شحنة سالبة •

وعند تصميم أى جهاز كهربى لا يشغل بال المصمم فى أى اتجاه يسير التيار ، مادام هناك تسلسل واتساق فى الفكر ، غير أن خطأ فكرة فرانكلين تسبب فى وقوع أحد العلماء فى تناقض طريف •

١ فقد لجأ العالم الانجليزى مايكل فاراداي ( ١٧٩١ - ١٨٦٧ ) الى استخدام مسميات اقترحها عليه أحد الطلبة الانجليز يدعى وليم ويويل ( ١٧٩٤ - ١٨٦٦ ) • فسمى كلا من القطبين « الكترود » ، وهو لفظ مشتق من كلمة

يونانية تعنى « الطريق الكهربى » ، وسمى القطب الموجب « انود » ( اعلى الطريق ) والقطب السالب « كاثود » ( اسفل الطريق ) - ويبين ذلك أن التيار الكهربى سينساب ، شأنه فى ذلك شأن المياه ، من الموقع الأعلى الى الموقع الأسفل ، أى من الانود الى الكاثود !

والواقع ، وبما أننا نتتبع مسار الالكترونات ، فإن التيار الكهربى يتحرك من الكاثود الى الانود ، أى لو التزمنا بالمسميات فإنه يتحرك الى الأعلى - ولكن من حسن الحظ أنه ما من أحد يلقي بالا للمعنى اليونانى للكلمات ، ويستخدم العلماء هذه المسميات دون أى احساس بالتناقض - ( لعل العلماء اليونانيون يضحكون الآن ) -

ولا تعرض الالكترونات خلال تشغيل البطارية للاستهلاك ، ولا يمكن ان يحدث ذلك - فمن طبيعة التيار الكهربى أنه لا ينساب الا اذا كانت الدائرة « مغلقة » ، أى الا اذا كان هناك طريق موصل متصل بغير انقطاع ، يتيح للالكترونات التى غادرت البطارية عند نقطة ما أن تعود اليها فى نقطة أخرى - واذا انقطع الطريق الموصل فى أى وقت ، أو تخلله شىء غير موصل ، مثل فجوة هواء ، يتوقف التيار -

ومادام الأمر كذلك فقد يتبادر الى الذهن أن التيار الكهربى يمكن ان يستمر فى الانسياب الى مالا نهاية ، وذلك من شأنه أن يتيح تشغيلاً مستديماً طالما كانت الالكترونات تتحرك فى دوائر مغلقة ، أى أنه يمكن للبطارية على سبيل المثال أن تحلل كل جزيئات المياه فى الكون - وهذا يعنى أننا نمتلك مصدراً مكافئاً للحركة المستديمة ، ونحن نعلم اليوم أن ذلك أمر مستحيل -

بمعنى آخر ، فلا مفر من أن تستهلك البطارية ، ولكن لماذا ؟

والرد على هذا السؤال ، لا بد ان نفهم أولا أن البطاريات من النوع الذى اخترعه فولتا تعتمد فى توليد الكهرباء على التفاعل الكيميائى . ونحن نعلم يقينا اليوم ، أن كل التفاعلات الكيميائية بغير استثناء تتضمن انتقالا ( جزئيا أو كليا ) للالكترونات من ذرات الى أخرى . وما دامت الالكترونات تنتقل بهذه الطريقة ، فيمكن فى بعض الأحيان العمل على تمريرها عبر سلك فتتحول الى تيار كهربى .

ولعلنا نتخيل ، على سبيل المثال ، شريحة من الزنك مغمورة فى محلول من كبريتات الزنك . ويتكون الزنك من ذرات زنك متعادلة ويرمز لها بـ  $(Zn^0)$  أما كبريتات الزنك فهو على هيئة جزيئات يرمز لها بـ  $(Zn.SO_4)$  . غير أن ذرة الزنك فى محلول كبريتات الزنك تنقل اثنين من اوهى الالكترونات التصاقا بها الى مجموعة الكبريتات . ومن ثم يصبح لدى الزنك ، بعد انتقال الالكترونين ، شحنة ايجابية مزدوجة ويرمز له بـ  $(Zn^{++})$  ويشكل ذلك «أيون» الزنك وهو لفظ آخر أدخله فاراداي واستوحاه من كلمة يونانية بمعنى «متجول» ، وهو اختيار فى محله ، لأن أية ذرة أو مجموعة من الذرات تجمل شحنة كهربية ( سواء موجبة أو سالبة ) تتعرض للجذب من أى من الالكتروندين ، وبالتالي تميل الى التحرك فى اتجاه الجذب .

أما مجموعات الكبريتات فيبدو أن اكتسبت كل منها الالكترونين اللذين انتقلا اليها من ذرات الزنك ، صار لدى كل مجموعة شحنة سالبة مزدوجة وأصبحت تشكل أيون الكبريتات ويرمز له بـ  $(SO_4^{--})$  .

ولما كانت قوة جذب الزنك للالكتروناته ضعيفة نسبيا ، لا سيما الالكترونين الأخيرين فى الغلاف الخارجى لذرات ذلك العنصر ، تميل كل ذرة فى شريحة الزنك الى فقد الكترونين ، ثم الانزلاق الى المحلول على هيئة ايونات زنك

تاركه. الكتروناتها في شريحه الزنك . وبهذا الفائض من الالكترونات تكتسب شريحة الزنك شحنة سالبة ضئيلة . أما المحلول فقد اكتسب أيونات زنك تحمل شحنات موجبة . وبما انه ليس ثمة ما يعادلها ، تتكون في المحلول شحنة موجبة ضئيلة . ولكن سرعان ما يؤدي نمو هذه الشحنات الى وقف انتقال مزيد من الزنك من الشريحة الى المحلول .

ولا يختلف الأمر كثيرا بالنسبة لشريحة النحاس مغمورة في محلول كبريتات النحاس . فشريحة النحاس تحتوى على ذرات نحاس متعادلة ( $Cu^0$ ) بينما يتكون كبريتات النحاس من أيونات نحاس ( $Cu^{++}$ ) وأيونات كبريتات وقد وضعناها آنفا . ولكن في هذه الحالة تتميز ذرات النحاس بأحكام القبض على الكتروناتها ، وبالتالي ليس ثمة اتجاه لأن تفقد شريحة النحاس ذراتها لتتضم الى المحلول . بل العكس صحيح ، حيث تتجه أيونات النحاس بما تحمله من شحنات موجبة الى الالتصاق بالشريحة ، فتغذيها بشحنة موجبة ضئيلة بينما تبقى في المحلول شحنة سالبة ضئيلة . ولكن سرعان ما يتوقف ذلك النوع من التفاعل .

ولنفترض الآن أننا أغلقنا الدائرة وأننا ، بدلا من استخدام حاجز مصمت ، فصلنا المحلولين بحاجز مسامي . يتيح انتقال الأيونات عبر مسامه تحت تأثير قوة جذب هذا الإلكترود أو ذاك . ولنقتصر أيضا أننا ربطنا شريحة الزنك وشريحة النحاس بوصلة سلكية .

ولعلنا نستنتج أن فائض الالكترونات في الزنك سينساب الى النحاس ، الذي يتسم بمجى في الالكترونات ، وبالتالي سوف يقل مقدار الشحنة السالبة في الزنك والشحنة الموجبة في النحاس . و يتيح هذا التناقص المزدوج استمرار تحول ذرات الزنك الى أيونات الزنك التي تنتقل الى المحلول بينما تستمر أيونات النحاس في التحرك صوب شريحة النحاس والتعلق بها . ومع تكديس أيونات الزنك في النصف

الخاص بها من المحلول وزيادة الشحنة الموجبة فيه ، تتجه تلك الأيونات عبر الحاجز المسامي للانضمام الى النصف الخاص بالنحاس في المحلول ، والذي يتسم بشحنة سالبة نتيجة فقدان أيونات النحاس الموجبة .

ومع استمرار تدفق الإلكترونات من البطارية من ناحية الزنك والعودة اليها من ناحية النحاس تتآكل شريحة الزنك الى أن تنتهي تماما وتتحول كلها الى أيونات زنك في المحلول . وفي نفس الوقت سوف تتلاشى تماما أيونات النحاس من المحلول نتيجة انضمامها الى شريحة النحاس وتحولها الى ذرات متعادلة . وفي النهاية ، سوف يتحول الأمر من شريحة زنك في كبريتات الزنك وشريحة نحاس في كبريتات النحاس ، الى مجرد شريحة نحاس في كبريتات الزنك . وعند هذا الحد تنتهي التفاعلات الكيميائية ويتوقف التيار الكهربى . غير أنه مع اقتراب انتهاء التفاعلات الكيميائية يبدأ التيار الكهربى فى التضاؤل حتى يصل الى درجة تنعدم معها صلاحية البطارية .

ولكن اذا كانت البطارية لا تصلح للاستخدام إلا لفترات محدودة فانها سوف تكون مكلفة للغاية . وقد لا يلقي العلماء بالا الى التكاليف عندما يتعلق الأمر بتجاربيهم واكتشافاتهم . ولكن ماذا يكون من أمر المسألة الذين يريدون استخدام البطاريات لأغراض عديدة نعلمها جيدا . وقد نتساءل الآن : هل من وسيلة لخفض التكاليف لدرجة تتيج أن تصبح البطاريات منتجا عمليا تغطيه التكنولوجيا البسيطة ؟

مع الواضح أن هذه الوسيلة موجودة ، بدليل أن كل الناس ، حتى ذوى الدخول المحدودة ، يستخدمون البطاريات باستمرار . وسوف نتناول تلك المسألة فى الفصل التالى .

## الفصل الثالث

### أمور جارية

كنت أجد الجالسين في منصة الرئاسة في أول يوم من إحدى الندوات العلمية السنوية التي أديرها كل صيف لمبة أربعة أيام ، وإذا بطفل نشيط ينم بريق عينيه عن الذكاء ويجلس في الصف الأول ، يطرح سؤالاً بارعاً • وكما دتي في مثل هذه الحالات رمبته بعيني الثابتين وقلت له : « انك في الثانية عشرة من عمرك ، أليس كذلك » •

وكما هي العادة أيضاً كنت صائياً في تقديرى حيث رد قائلاً : « نعم ، كيف عرفت ذلك ؟ » •

ولم يكن من الصعب تقدير عمر الفلام ، فعلى نحو ما بينت في مقال سابق ، الأطفال الأذكىام دون الثانية عشرة من عمرهم يكبحهم ويؤرقهم الشمعور بعدم الأمان ، والذين تجاوزوا هذه السن تشغل بالهم المسؤولية الاجتماعية • أما من هم في الثانية عشرة فههدفهم الوحيد في الحياة هو احراج رؤساء الندوات أو اللجان •

وقد ابتهج ذلك الطفل ، الذى يدعى أليكس ، بما شرحت • وكان لطيفاً جذاباً حتى اننى سعدت جداً بصحبته على مدى الأيام القليلة التالية • وبالطبع لم أستطع مقاومة نزعتى فى التلاعب بالكلام معه ولكن لم أكن وجدى فى الملعب - صدقونى •

فقد أشار فى حديث عارض الى انه سيحتفل بعيد ميلاده فى أكتوبر ، فقلت له : « أعتقد انك ستبدأ عامك الثالث عشر » •



فقال اليكس : « نعم » .

فقلت : « ألا تود البقاء فى الثانية عشرة » .

قال : « لا ، لا أود » .

فقلت : « ستحول الى مجرد صبي مغفل فى الثالثة عشرة من عمره ، أليس كذلك يا اليكس ؟ » ، قلت ذلك بابتسامة جانية دون أن أتنبه الى أنى أوقعت نفسى بحماقة فى مازق .  
وأعتقد أن اليكس لاحظ ذلك ، فقد نظر الى جادا وقال : « هل حدث ذلك عندما كنت فى الثالثة عشرة ؟ » .

ومابت الابتسامة على وجهى على التو ، فقد كانت ضربة قاضية . ولم أجد ما أقوله سوى ذلك الرد الأجوف : « لقد كنت حالة استثنائية » فرد قائلا : « ولم لا أكون أنا أيضا حالة استثنائية ؟ » .

وكان شيئا مفيدا أن أتعرض بين الحين والحين لمثل هذه المواقف المخرجة ، وقد جعلت منها أضحوكة حتى ولو كنت بطلها . ولكنها نالت قليلا من ثقتى فى قدرتى على الاستمرار فى روايتى عن انتاج الكهرباء .

ولكن هل من خيار ؟



لقد أنهينا الفصل السابق بمناقشة أحد التصميمات المحتملة لبطارية كهربية تحتوى على الكترول من الزنك مغمور فى محلول من كبريتات الزنك والكترول من النحاس مغمور فى محلول من كبريتات النحاس . وكان هدف تلك المناقشة هو مجرد شرح الأسس التى تقوم عليها البطاريات الكيميائية فى توليد الكهرباء . غير أن التفاعلات الكيميائية فى هذا المثال الخاص تتم ببطء شديد حتى إن ما يتولد من

تيار كهربى يكون من الضعف بحيث لا يصلح لأى استخدام عملي .

وتتمثل أبسط طريقة لعلاج ذلك المييب فى تغيير المحلول الذى تغمر فيه الالكترودات بمحلول حمضى ، فى هذه الحالة سوف تتكون البطارية من زنك ونحاس مغمور فى محلول حامض الكبريتيك . ومن طبيعة الزنك ( الذى يتسم بقدر من النشاط الكيميائى يفوق كثيرا النحاس ) أن يتفاعل مع الحامض بسرعة كبيرة ، ولذلك ينبغى حمايته بطبقة من الزئبق الخامل على سبيل المثال بهدف ابطاء ذلك التفاعل قليلا .

ويعتمد التفاعل على أن الزنك يتحول الى أيونات زنك بينما يمتص النحاس أيونات النحاس . وتتمثل المعادلة الكيميائية الرئيسية فى أن الزنك مع كبريتات النحاس يسفر عن كبريتات زنك النحاس . وفى هذا التفاعل تنتقل الالكترونات من النحاس الى الزنك ثم تعود من الزنك عبر دائرة الأسلاك والأجهزة ، الى النحاس .

ويفترض أن يتولد بهذه الطريقة تيار كهربى على درجة من الشدة تتيح استخدامه عمليا ، وأن يستمر ذلك التيار الى أن ينتهى التفاعل الكيميائى بذويان الزنك تماما . ولكن ذلك لا يحدث ! فالتيار يضعف ويتوقف فى وقت قصير بدرجة تبعث على الدهشة .

وقد درس العالم الانجليزى جون فريدريك دانييل ( ١٧٩٠ - ١٨٤٥ ) هذه المشكلة وتوصل الى سببها . فخلال التفاعل الكيميائى ينبعث غاز الهيدروجين من حامض الكبريتيك . ويتجه الهيدروجين صوب الالكترود النحاس ويتراكم عليه فيمزله بحيث تتناقص تدريجيا قدرته على المشاركة فى التفاعل الكيميائى . فتكون النتيجة أن يضعف التيار الى أن يتلاشى .

ولتذليل تلك العقبة عمل دانييل على تصعيب وصول الهيدروجين الى النحاس ، فصنع فى عام ١٨٣٦ بطارية وضع فيها الزنك وحامض الكبريتيك داخل مرىء ثور ، ثم وضع مرىء الثور بما يحتويه داخل وعاء من النحاس يحتوى على محلول كبريتات النحاس .

وكانت النتيجة أنبقى الهيدروجين المحرر الى جوار الزنك مع التسرب ببطء شديد من خلال مسام المرىء . وبخروجه من المرىء يتفاعل الهيدروجين مع كبريتات النحاس فيتكون حامض الكبريتيك ونحاس - ويتجه النحاس الى تكوين طبقة داخلية على الوعاء . ويتسم معدل تسرب الهيدروجين بدرجة من البطء بحيث لا يتسنى لكميات كبيرة منه أن تفلت من التفاعل مع كبريتات النحاس ، وبالتالي تقل فرصة تراكم الهيدروجين على النحاس وعزله .

وبهذه الطريقة صارت « بطارية دانييل » تتميز بالقدرة على انتاج الكهرباء بكمية كبيرة ولفترة زمنية أطول ، وأصبحت بذلك أول بطارية عملية ( وما لبث الكيميائيون أن استعاضوا عن مرىء الثور بالخزف غير المصقول ، فهو أسهل فى التداول وله نفس الخصائص المسامية التى تتيح نفس معدل تسرب الهيدروجين ) .

غير أن من عيوب بطارية دانييل أنها لابد أن تكون مصنعة قبل الاستخدام مباشرة . ولو أنها صنعت قبل الاستخدام بفترة طويلة ستتسرب المواد الموجودة داخل وخارج الخزف غير المصقول من خلال المسام وسيحدث معظم التفاعل الكيميائى أو كله قبل أن يتسنى استخدام البطارية .

أما العيب الثانى فهو بالطبع ارتفاع سعر النحاس .

وفى عام ١٨٦٧ ابتكر مهندس فرنسى يدعى جورج لوكلانسيه ( ١٨٣٩ - ١٨٨٢ ) نوعا آخر من البطاريات

الكيميائية استغنى فيه عن النحاس - فقد وضع فى اناء الخزف غير المصقول عمودا من الكربون . (وهو رخيص التمن) وأحاطه بمزيج من مسحوق الكربون وثانى أكسيد المنجنيز ، ثم وضع الاناء فى وعاء أكبر يحتوى على محلول كلوريد الامونيا وعمود من الزنك . وتنساب الالكترونات فى « بطارية لوكلانشية » من الزنك الى الكربون .

وشهدت السنوات العشرون التالية ادخال العديد من التعديلات على بطارية لوكلانشية ، حيث أضيف دقيق وجص الى كلوريد الامونيا لأكسايه قوام المجينة ، واستميض عن الخزف غير المصقول بكيس من القماش ، ثم تحول عمود الزنك الى وعاء من الزنك يحتوى على المجينة مفروس بها الكيس وما بداخله ، وأخيرا تم تغطية كل ذلك بطبقة عازلة من القار ، ثم غلفت البطارية بالكرتون .

وقد انتهى كل ذلك الى ما نطلق عليه اليوم ببساطة اسم بطارية ، وأحيانا ما تسمى « بطارية جافة » ، وهى بالطبع ليست جافة ، فلو أجرينا عليها مقطعا لوجدنا الخليط رطبا ( حيث لا يمكن أن تعمل اذا كانت جافة بالفعل ) ، ومع ذلك فهى جافة من الخارج ، أو هكذا يراها المرء على الأقل . وعلى أية حال فهى خفيفة يمكن حملها فى الجيب ، وما دامت سليمة ، فهى لا يتسرب منها شيء ، وأخيرا يمكن استخدامها فى أى وضع حتى ولو مقلوبة .

ويطلق عليها أيضا « بطارية الكشاف الضوئى » ، حيث كان استخدامها فى الكشاف الضوئى هو أول ما عرف الناس بها . وقد صارت اليوم تنتج بأحجام وأشكال مختلفة وتستخدم فى جميع الألعاب الكهربائية التى تباع « بدون البطاريات » ، كما تستخدم فى تشغيل جميع الأجهزة الالكترونية المحمولة من المذياع الى الكمبيوتر .

وعلى مدى السنوات المائة الماضية ، ابتكرت أنواع عديدة

من البطاريات ، لكل منها مزاياها وعيوبها وبعضها مصمم خصيصا لتغطية استخدامات معينة - غير أن تسعين فى المائة من البطاريات حتى يومنا هذا ما هى فى الأساس الا بطاريات لوكلائشيه ، فما زالت هى « حمار الثقل » -

وأيا كانت مزايا بطاريات لوكلائشيه فهى تولد الكهرباء عن طريق أكسدة الزنك ، أو بمعنى أوضح ، احتراق الزنك ، والزنك ليس بمادة باهظة الثمن ولكنها أيضا ليست بالغة الرخص - ولو حاول المرء حرق الزنك فى موقده أو محرك سيارته لاكتشف سريعا أنه لن يتحمل الحر فى الشتاء ولا قيادة سيارته فى أى وقت -

ويعزى السبب الوحيد فى امكان استخدام البطاريات بسعر معتدل الى أنها تستعمل فى استخدامات لا تحتاج الا لقدر محدود من الطاقة ، فالمذياع أو الساعة أو أية آلة تعمل بالبطاريات لا تحتاج قدرا كبيرا من الطاقة -

أما الاستخدامات التى تتطلب طاقة عالية فلا بد لها من أنواع مختلفة من الوقود ، وهى عناصر موجودة ومتاحة ، وتحترق فى الهواء مما يؤدى الى توليد الحرارة - وتعتمد الأنواع المختلفة من الوقود عناصر تحتوى فى المعتاد على الكربون ومنها على سبيل المثال الخشب والفحم ومختلف المشتقات البترولية مثل الغاز الطبيعى والجازولين والكروسين والزيت -

ولعلنا نتساءل هل يمكن احراق وقود فى بطارية كيميائية ( بطارية وقود ) بهدف توليد كهرباء بدلا من الحرارة ؟ من الممكن بالطبع احراق الوقود بأحدى الوسائل العادية ثم استخدام الطاقة الحرارية لتوليد الكهرباء بطرق مختلفة - غير أن ذلك الأسلوب يعد من قمالية الطاقة - فأيا كانت الوسيلة المستخدمة ، لا يسفر التحول من وقود الى حرارة ثم من حرارة الى كهرباء الا عن ٤٠ أو ٥٠ فى المائة

من مقدار الطاقة الموجودة في الوقود قبل التحول . أما في البطارية الكهربائية فتترب نسبة تحول الطاقة الى كهرباء من ١٠٠ في المائة .

وكان اول من ابتكر بطارية تعمل بالوقود هو محاميا انجليزيا يدعى وليم روبرت جروف ( ١٨١١ - ١٨٩٦ ) استهوته مسألة الأبحاث والتجريب الكهربى أكثر من ممارسه المحاماة .

وقد قام فى عام ١٨٣٩ بتصميم بطارية كيميائية تتكون من الكترودين من البلاتين مغمورين فى محلول حامض الكبريتيك . وبالمطبع لو توقف الأمر عند ذلك الحد لما كانت هناك فرصة لقول كهرباء من البطارية . فليس هناك من سبب يبعث الالكترونات على التحرك فيما بين الكترودين لهما نفس الخصائص . وحتى لو تحركت الالكترونات لسبب أو آخر ، فمن المعروف أن البلاتين عنصر خامل للغاية ولا يتعرض لأى تفاعلات كيميائية فى محلول حامض الكبريتيك ، وبدون تفاعلات كيميائية لا تعمل البطارية الكيميائية .

وإذا كان البلاتين عنصرا خاملا فى حد ذاته فان سطحه يشكل - إذا كان نقياً - مكانا جيدا للتفاعلات الكيميائية فيما بين عناصر أخرى . بمعنى آخر، يعتبر البلاتين «حفاظا» يعمل على تنشيط التفاعلات الكيميائية دون أن يكون له أى دور ظاهر فيها . وكان هامفرى ديفى قد اكتشف تلك الخاصية فى عام ١٨١٦ .

وفى عام ١٨٢٠ استخدم الكيميائى الألمانى جوهان وولفجانج دوبرينر ( ١٧٨٠ - ١٨٤٩ ) هذه الخاصية ، حيث سلب تيارا من غاز الهيدروجين على منسحق البلاتين فوجد أن الهيدروجين يتحد مع الاكسجين فى الجو فى تفاعل بالغ الشدة حتى أنه ينفجر مع اشتعال لهب (وليس مع شأن

الهيدروجين، بدون خاصية التحفيز التي يتسم بها البلاتين ،  
ان يتحد مع الاكسجين الا اذا تعرض لتسخين شديد ) \*

وكانت هذه هي فكرة اول ولاعة سجاير حديثة . وقد  
انتشرت لفترة من الزمن . وبحلول عام ١٨٢٨ كان عدد  
الولاعات من هذا النوع في المانيا وبريطانيا العظمى يناهز  
العشرين ألفا . غير أن دوبراينر لم يربح بنسا واحدا من  
ورائها ، فلم يكن قد سجل براءة هذه الاختراع ، فضلا عن  
أن تلك الولاعات لم تشكل سوى يدعة مؤقتة وذلك لأسباب  
سوف نتناولها بعد قليل \*

وكان جروف قد اطلع بطبيعة الحال على أبحاث دوبراينر  
وفكر في احتمال أن يكون للبلاتين نفس التأثير التحفيزى لو  
استخدم في البطارية الكهربائية . وللتأكد من ذلك جاء جروف  
بالكترودين من البلاتين ووضع أحدهما فى إنبوبة تحتوى  
على هيدروجين والآخر فى أنبوبة تحتوى على أكسجين والواقع  
أنه كون بذلك الكترودا من الهيدروجين وآخر من الاكسجين .  
وقد حصل جروف بالفعل على تيار كهربى من هذه  
البطارية . وقام بعد ذلك بتصنيع خمسين واحدة منها  
وأوصلها ببعضها فحصل على تيار قوى \*

وقد يبدو ذلك أنه انجاز كبير . فالبلاتين لا يستهلك  
أيا كانت مدة تشغيل البطارية ، كذلك حامض الكبريتيك .  
وكان التنفير الوحيد الذى يجرى فى البطارية هو أن  
الالكترونات تنتقل من الهيدروجين الى الاكسجين وهو ما  
يكافئ كيميائيا اتحاد الهيدروجين والاكسجين لتكوين  
الماء . وهذا يعنى بالطبع زيادة المياه فى البطارية مما يؤدى  
الى تخفيف محلول حامض الكبريتيك بصفة مستمرة ، غير أن  
تلك المشكلة تتلاشى لو عنى أحد بالتخلص دوريا من هذا  
القائض من المياه بأية وسيلة \*

ومن منطلق اثبات امكان تصنيع بطارية تعمل بالوقود،  
تمثل بطارية جروف نجاحا كاملا ، غير أن هذا النجاح يتحول  
الى فشل على الصعيد العملى \*

فاذا اعتبرنا الهيدروجين واحدا من أنواع الوقود فانه نوع غير عملي ، فهو لا يوجد على الأرض بهيئته ولكن ينبغي تصنيعه ، وتلك عملية تحتاج الى طاقة مما يجعله أيضا مرتفع التكاليف •

ويعد البلاتين كذلك عنصرا باهظ الثمن • صحيح انه لا يستهلك أثناء تشغيل البطارية • ولكن ينبغي أن نقدر حجم رأس المال الراكد لو فكرنا في انتاج كم من هذه البطاريات يكفي لمواجهة كافة الاحتياجات والاستخدامات •

علاوة على ذلك ، فمن عيوب البلاتين أنه يفقد صلاحيته بسهولة ، حيث تقتضى خاصية التحفيز التي يتسم بها ، أن يكون السطح نقيًا خاليا من الموائق والشوائب • وإذا كانت جزيئات الهيدروجين والأكسجين تتعلق مؤقتا بسطح البلاتين ثم تنفض عنه بعد أن تنبعث منها أو تنضم اليها الالكترونات، فهناك العديد من العناصر التي تلتصق بسطح البلاتين ولا تبارحه بسهولة ، فتبقى كطبقة دقيقة أحادية الجزيء على السطح لا تراها العين المجردة ، ولكنها تحول دون وصول جزيئات عناصر مثل الهيدروجين والأكسجين اليه •

ويوصف البلاتين في هذه الحالة بأنه قد «تسمم» ويفقد خاصية التحفيز التي تساعد على اتحاد الهيدروجين والأكسجين • وحتى يحين موعد فك الالكترودات البلاتين وتنظيفها تتوقف بطارية الوقود عن العمل • ( وتلك هي الأسباب التي جعلت ولاعة دوبرايتز تبدو غير عملية وسرعان ما بطل استخدامها ) •

يتضح من ذلك أن مسألة انتاج بطارية وقود عملية وبسهولة التنفيذ كانت مسألة عسيرة •

وفي سنة ١٩٠٠ جرت محاولة أخرى قام بها الأمريكي و. و. جاك ، وقد اتخذ عدة خطوات في الاتجاه الصحيح •

فقد بدأ بالاستغناء عن البلاتين ، ثم استعاض عنه



الهيدروجين بعمود كربون يمكن تصنيعه بسهولة من الفحم وليس هناك ما يدانيه في رخص الثمن .

ووضع جاك عمود الكربون في هيدروكسيد الصوديوم السائل داخل اناء من الحديد . ويشكل الحديد ( وهو أرخص أنواع المعادن ) الألكترود الآخر ، ثم مرر هواء (وليس أكسجين) على هيئة فقاعات بعمود الكربون . ومن شأن الأكسجين الموجود في الهواء أن يتفاعل مع الكربون ليكون ثاني أكسيد الكربون ، مما يسفر عن توليد تيار كهربى .

ويخال لنا أن بطارية جاك تمثل الحد الأدنى من التكلفة ، فأى العناصر ستكون أرخص من الفحم والحديد والهواء . ولكن كان هناك عيبان : يتمثل العيب الأول في ضرورة تسخين البطارية بشكل مستمر من أجل إبقاء هيدروكسيد الصوديوم في حالة سائلة ، وذلك يحتاج لقدر من الطاقة . أما العيب الثانى فهو أن ثانى أكسيد الكربون الناجم عن التفاعل يلجأ ، بدلا من الخروج الى الهواء على هيئة فقاعات ، الى التفاعل مع هيدروكسيد الصوديوم غالى الثمن نسبيا ، ليكون كربونات الصوديوم وهو مركب بالغ الرخص .

وهذا ما جعل أيضا من بطارية جاك نجاحا نظريا ولكن فشلا عمليا . وقد باءت بالفشل كل المحاولات التى بذلت فى اتجاه تحسين الجانب العملى . وهذا لا يعنى نهاية المطاف ، فالبطاريات التى تعمل بالوقود موجودة بالفعل ويمكن استخدامها فى أعمال متخصصة دقيقة . ولكن الى يومنا هذا ، لم تتسم واحدة منها بقدر من الرخص أو من السهولة العملية ، بما يتيح استخدامها على نطاق واسع للعامة . وما زالت بطارية لوكلائشيه الجافة تشكل الحصان الجامح فى هذا المجال .

ومن شأن كل البطاريات المشار إليها أن تستعمل حتى تتوقف عن توليد الكهرباء ، فيتم التخلص منها .

( الا لو أراد المرء الاحتفاظ بها كقطعة فنية أو كتميمة  
يستبشر بها ! ) \*

ولكن الا يبعث ذلك على الأسف : الا يمكن التفكير فى اعادة  
استخدام هذه البطارية ؟ اليس من سبيل لقلب الامور فى  
الاتجاه الماكس ، فيدخل المرء تيارا كهريسا الى البطارية  
بهدف اجراء تفاعل كيميائى عكسى ، وعندما يسفر هذا  
التفاعل عن الوصول بالبطارية الى حالتها الأصلية ، يصاد  
استخدامها مرة ثانية ثم يتكرر عكس الأمور وهلم جرا ؟

تبدو الفكرة عظيمة على الصعيد النظرى - فالتفاعلات  
الكيميائية يمكن أن تعكس ولكن لو بقيت كل نواتج التفاعل  
دون أن يتسرب أى منها ، ولو لم يحدث أيضا أى تغير كبير  
فى الحالة النوعية للمواد ( أى لم يحدث قدر كبير من «الزيادة  
الانثروبية » ) \*

فعلى سبيل المثال ، يتفاعل الزنك مع حامض الكبريتيك  
فيتكون كبريتات الزنك وهيدروجين - ولو تسرب الهيدروجين ،  
فان توفير الظروف العكسية لن يؤدى الى عودة كبريتات  
الزنك الى زنك وحامض كبريتيك حيث يحتاج هذا التفاعل  
العكسى لذلك الهيدروجين الذى تسرب \*

اما الحالة الثانية فنمثلها بالسكر ، فلو تعرض السكر  
للتسخين فسيتحلل الى كربون وأبخرة ، ولكن هل سنحصل على  
السكر لو أبقينا هذه الأبخرة وحاولنا مزجها مرة أخرى مع  
الكربون ؟ والاجابة هى النفى ، لأن تحلل السكر يمثل درجة  
عالية من زيادة الانثروبية وبالتالي لا يمكن أن يحدث تفاعل  
عكسى \*

ومع ذلك فمن شأن بعض التفاعلات الكيميائية ، التى  
تؤدى الى توليد تيار كهربي ، أن تحدث فى الاتجاه العكسى  
لو عكس التيار - ففى الاتجاه الأول للتفاعل الكيميائى

يتولد تيار كهربى ، حيث تتحول الطاقة الكيميائية الى طاقة كهربية - أما لو تغير الأمر فى الاتجاه العاكس ، فسوف تعود البطارية الى حالتها الأصلية وتتحول الطاقة الكهربائية الى طاقة كيميائية - ويبدو بذلك أن البطارية تخزن الطاقة الكهربائية وتحفظها للاستخدام مستقبلا - ومثل هذه البطارية تسمى « المركم » أو « البطارية المخزنة » .

ويمكن تشغيل البطارية المخزنة فى اتجاه ثم فى الاتجاه العكسى الى ما لا نهاية - فتارة يتم « تفريغها » عن طريق تحويل الطاقة الكيميائية الى طاقة كهربية ثم « يعاد شحنها » بتحويل الطاقة الكهربائية الى طاقة كيميائية وهلم جرا .

وتوصف البطاريات المخزنة أيضا بأنها « بطاريات ثانوية » ، وذلك لتمييزها عن البطاريات الجافة العادية وما شابهها والتي يطلق عليها « بطاريات أولية » ( ولا أرى بأمانة لماذا يطلق على بطارية تستخدم لمرة واحدة « أولية » وعلى البطارية التي يعاد شحنها واستخدامها مرار وتكرارا « ثانوية » ، وكل ما هناك أن البطاريات العادية ابتكرت واستخدمت قبل الأخرى ) .

وقد ابتكر أول مركم فى عام ١٨٥٩ وصنعه الفيزيائى الفرنسى جاستون بلانتيه ( ١٨٣٤ - ١٨٨٩ ) ، واستخدم فيه شريحتين من الرصاص بينهما شريحة من المطاط . وقد شكل شريحتى الرصاص على هيئة حلزون (حيث أن الرصاص معدن طرى ) ثم دلاهما فى محلول حامض الكبريتيك . وبما أن الرصاص يتفاعل مع حامض الكبريتيك ، سرعان ما يتحول الى كبريتات الرصاص .

ولاحظ بلانتيه انه عندما يمرر تيارا كهربيا فى واحدة من شريحتى الرصاص ويستقبله فى الشريحة الأخرى ، كان يحدث تغير كيميائى يسفر عن اختزان قدر من الطاقة . وكان يستغل هذه الطاقة الكهربائية عن طريق نفس شريحتى الرصاص الى أن تفرغ البطارية فيعيد شحنها مرة أخرى .

ثم لجأ بلانتيه الى استخدام تسعة من هذه الحيلونات وعلقها مع بعضها ، ثم وضع كل ذلك داخل صندوق ، وأثبت أن ذلك الجهاز ينتج قدرا مدهشا من الكهرباء .

وبفحص مركب بلانتيه بعد شحنه ، تبين أن إحدى شريحتي الرصاص مغطاة بثاني أكسيد الرصاص ، بينما تكسو الأخرى طبقة اسفنجية من الرصاص الهش .

وقد استغلت هذه النتيجة كنقطة انطلاق في انتاج هذا النوع من البطاريات . وتتكون اليوم « البطاريات رصاص / حامض المختزنة » من عدد من الشبك المسطحة المصنوعة من الرصاص والمزولة عن بعضها ، وهي مكسوة بالتتابع واحدة بثاني أكسيد الرصاص والأخرى بالرصاص الاسفنجي . وعند سحب التيار الكهربى يتفاعل كل من ثاني أكسيد الرصاص والرصاص الاسفنجى مع حامض الكبريتيك فتتكون كبريتات الرصاص وماء .

وإذا تم تمرير التيار الكهربى فى البطارية فى الاتجاه العكس ، يتكون من جديد الرصاص وثاني أكسيد الرصاص ، وتخفى كبريتات الرصاص ليعود حامض الكبريتيك الى الظهور .

وهذا النوع من البطاريات المختزنة هو النوع الشهير المستخدم فى السيارات والمركبات الأخرى . فهى توفر شحنة الكهرباء اللازمة لبدء تشغيل السيارة ( ثم تعتمد السيارة بعد ذلك فى سيرها على احتراق الوقود فى الاسطوانات ) علاوة على التيار المنتظم اللازم للاضاءة والمذياع والنوافذ الآلية والولاعات وما الى ذلك من أجهزة كهربية فى السيارة .

وإذا كان ذلك الاستهلاك يؤدى الى تفريغ البطارية ، فان بعضا من الطاقة الناجمة عن احتراق الوقود أثناء سير

العربة يستغل في توليد الكهرباء اللازمة لاعادة شحنها .  
ويمكن بهذا الأسلوب استخدام البطارية لسنوات دون أن  
تتلف ، وذلك ما لم تتعرض لتحميل زائد ، كان يستمر شخص  
في محاولة تشغيل عربة بها عطل ، أو أن ينسى أحد اطفاء  
أنوار السيارة وهي مصفوفة لمدة طويلة .

ومع استمرار عمليات الشحن والتفريغ تتجمع الشوائب  
( ما من شيء يتصف بالكمال ) وتتراكم مع مرور الوقت على  
الشرائح ، فتقل قدرة البطارية على تخزين الكهرباء ،  
وتصبح فعاليتها محدودة . وعند هذا الحد تبدأ المشاكل  
بمجرد التعرض لأي عامل مناوئ ، لا سيما عند بدء تشغيل  
السيارة ، وغالبا ما يؤدي ذلك الى أن يواجه قائد السيارة  
أزمات سخيفة في أوقات حرجية ، والحل الوحيد هو شراء  
بطارية جديدة .

وإذا قلت كفاءة البطارية في شحن الطاقة ، تتحلل المياه  
في محلول حامض الكبريتيك الى هيدروجين وأكسجين  
ويتسرب الغاز في صورة فقاع . وتبدأ المياه في التناقص  
حتى يتكشف الطرف العلوي من الشرائح المعدنية . ولذلك  
لا بد من مراعاة تزويد البطاريات بالمياه بين الحين والحين  
لدرء مثل هذا الاحتمال .

وثمة أنواع أخرى من البطاريات المختزنة بخلاف تلك  
التي تعتمد على الرصاص والحامض . فقد ابتكر توماس ألفا  
أديسون ( ١٨٤٧ - ١٩٣١ ) في مستهل القرن العشرين  
بطارية تستخدم النيكل والحديد . وثمة أنواع أخرى  
كـ « النيكل / كاديوم » و « الفضة / الزنك » .

ويمثل العيب الرئيسى للبطاريات المختزنة ( رصاص -  
حامض ) في ثقل وزنها . أما البطاريات الأخرى من هذه  
الفئة ، فهي أخف وزنا ولكنها أغلى ثمنا ولا توفر بصفة عامة  
شحنة كهربية قوية عند الطلب . لهذا السبب ، بازالت

البطارية المختزنة ( ارمصاص - حامض ) هي الأكثر استخداما ، رغم أنها كانت ياكورة الابتكارات في هذا المجال . وهناك كلام كثير ومستمر عن تغيير هذه البطارية ، وسوف يأتي بلا شك اليوم الذى يكتشف فيه شئ أفضل . ولكن لم يحن الوقت بعد .

وثمة سؤال متصل بالبطارية المختزنة وهو : من أين تأتى الكهرباء التى تستخدم فى إعادة شحن تلك البطارية ؟

من المؤسف أن القانون الثانى فى الديناميكا الحرارية ( والمعروف أيضا باسم « قانون الضرر العام فى الكون » ) ، يفيد بأن كمية الطاقة الكهربائية اللازمة لإعادة شحن البطارية تزيد على كمية الطاقة التى تولدها عند التفريغ .

وبالتالى فإن استخدام بطارية كهربية لإعادة شحن بطارية مختزنة يعد عملية خاسرة ، فلو أن بطارية مختزنة تولد على سبيل المثال مقدار ما تولده خمس بطاريات جافة عادية ، ولكنها تحتاج لست بطاريات جافة لإعادة شحنها ، فالأفضل استخدام البطاريات الجافة العادية الخمس لأداء الوظائف التى تقوم بها البطارية المختزنة فى كل دورة تفريغ .

نستخلص من ذلك أن البطاريات لو كانت المصدر الوحيد للطاقة ، لصارت البطاريات المختزنة مجرد وسيلة لاستهلاك البطاريات الكيميائية أمرع من أية وسيلة أخرى .

ومن ثم ، فليس من سبب يبعث على استخدام البطاريات المختزنة ، ما لم يتسن شحنها بطاقة كهربية مولدة بطريقة مختلفة أرخص من البطاريات الكيميائية .

ومن ثم ، ليس من سبب يبعث على استخدام البطاريات موجود وسوف نتناوله فى الفصل التالى .

## الفصل الرابع

### دفع الخطوط

حضرت منذ بضعة أشهر محاضرة عن الموسيقى التصويرية \* وقد استيتعت بهذه المحاضرة لأنى لا أعلم شيئاً عن الموسيقى ، وبالأخص الموسيقى التصويرية ، واكتشفت أنها مسلية وتستحق أن تدرس \* وكنت أتابع المحاضرة باهتمام لا سيما عندما شرح المحاضر أن موريس رافيل كان أحد البارزين فى هذا اللون من الموسيقى \* .

وقال المحاضر فى تأكيد : « أى شخص يزعم ، بعد الإستماع لقطعة موسيقية لرافيل ، أنه قادر على أن يدندن نفس النغم إنما يخدع نفسه ، فالإنغام فى موسيقى رافيل لها طابع مختلف » \* .

ولم أقل شيئاً بالطبع ، ولكنى وجدت نفسى ، وكنت جالسا فى الصف الأول ، أشعر بالرغبة فى الدندنة فى هذه اللحظة \* ولما كنت لا أستطيع السيطرة تماماً على نزعاتى ، دندنت \* وتدررون بالطبع أنى لم أدندن بصوت عال ولكن بقدر يتيح أن يسمعتى المحاضر \* .

فايتسم وقال : « باستثناء البوليرى بالطبع » ( وهى موسيقى أسبانية ) ، وضعك الجميع \* .

وشعرت للحظة أننى كنت كذلك الطفل الشرير البالغ من العمر ١٢ سنة ، والذى اعتدت أن أجسده عندما كنت فى الثانية عشرة من عمرى \* كنت مولماً به !

وبين لنا ذلك مدى خطورة التعميم \* وهذا هو أجد الأشياء التى أحاول أن أتذكرها أثناء كتابتى لهذه المقالات ،

وهو في نفس الوقت واحد من الأشياء العديدة التي دائما  
أنساها !! ولذلك فأنا أرحب دائما بأن تدندنوا لي «البوليرو»،  
بالمعنى المجازي طبعاً .



ناقشنا في الفصلين السابقين مسألة توليد التيار الكهربى  
بواسطة البطاريات ، أى بواسطة أجهزة تحول الطاقة  
الكيميائية إلى طاقة كهربية .

ولعلنا نتساءل الآن، هل يمكن الحصول على تيار كهربى  
من نوع آخر من الطاقة ؟

فى الواقع ، عندما بدأت الخطوات الأولى لتصميم وإنتاج  
البطاريات ، كانت هناك مجموعة من العلماء ، أو شبه العلماء ،  
الذين كانوا يطلقون على أنفسهم لقب « فلاسفة الطبيعة » ،  
فى حين كانت آراؤهم تتأرجح بين التضليل التام فى كثير من  
الحالات والدجل البحث فى بعضها . وكان هناك فيزيائى  
دانمركى يدعى هانز كريستيان أورستيد ( ١٧٧٧ - ١٨٥١ )  
قد وقع فى براثن هذه المجموعة ، ولما أفاق وأنقذ نفسه من  
خزعبلات كثيرة ، تعلم أن يكون منهجه هو كثيراً من الملاحظة  
والبحث وقدر أقل من « الدروشة » .

ومع ذلك ، فقد يتوصل المرء الى بعض النتائج المفيدة  
— حتى ولو بطريق الصدفة — من خلال دلالات قد تبدو مخيفة  
لا قيمة لها . من هذا المنطلق بدأ لأورستيد أن هناك علاقة  
تبادلية بين الكهرباء والمغناطيسية ، فثمة أوجه تماثل بين  
القوتين ، فكلتاهما تنطوى على ظاهرة الجذب والتنافر ،  
(فالشحنات أو الأقطاب المتماثلة تتنافر والمتعايرة تتجاذب)،  
كما أن مقدار القوة فى كل منهما يتناقص بشكل متماثل مع  
التباعد وهلم جرا .

غير أن أورستيد كان على درجة من العلم تجعله يسمى  
لا ثبات تلك العلاقة ولا يكتفى بمجرد الكلام عنها ، ولكنه  
لم يكن يعرف أى اتجاه يسلك . وقبل نهاية ١٨١٩ وافته



فكرة مؤداها أن يضع بوصلة بجوار سلك يمر به تيار كهربى ليرى ما اذا كان التيار سيؤثر على ابرة البوصلة أم لا .  
وفكر ، فى حالة الحصول على نتائج أولية مبشرة ، أن يجرى التجربة مباشرة فى محاضرة عامة . وكان له ما أراد ، غير أن الحماس استبد به أثناء البيان العملى فأجرى التجربة باندفاع ولمثمة .

وقد حاول بعد ذلك شرح ما حدث ، غير أنى لست على يقين من أنى قد فهمت الشرح ، ولكن لدى انطباعا بأن نتائج التجربة شكلت مفاجأة أدهشته وأربكته تماما ، وان ما فعله إنما كان محاولة لاختفاء هذه المشكلة .

وقد جرت التجربة على النحو التالى : استخدم أورستيد بطارية قوية يستطيع بواسطتها تمرير تيار فى سلك موصل للكهرباء . ووضع السلك على غطاء البوصلة الزجاجى بحيث يوازي خط ابرة البوصلة . وهى تشير الى الشمال .

وعندما بدأ فى توليد الكهرباء وتمرير التيار من الشمال الى الجنوب ، لاحظ أن ابرة البوصلة تحركت على التو وبشكل حاد واستقرت عند زاوية ٩٠° ، أى اتجهت الى التعاذى مع الاتجاه شرق - غرب . فاندفع أورستيد ، وقد أدهشته تلك النتيجة ، الى فك السلك واعادة توصيله بالبطارية فى الاتجاه المعاكس ، أى انه عكس اتجاه التيار . ثم وضع السلك على البوصلة ، وكانت الابرة قد عادت الى اتجاه الشمال ، فتحركت الابرة مرة ثانية ولكن فى عكس اتجاه المرة الأولى .

وقد شلت المفاجأة تفكير أورستيد وأربكته لدرجة انه لم يواصل التجربة ، وترك تلك المهمة للآخرين .

صحيح أنه أجرى فى وقت لاحق مه حياته أعمالا أخرى مشهورة فى الكيمياء ، الا أن هذه التجربة ، التى أجراها دون

فهم عنيق ، هي التي خلدته ، حيث أطلق اسمه رسميا في عام ١٩٣٤ على وحدة شدة المجال المغناطيسى .

وقد أحدث اعلان أورستيد عن اكتشافه ( باللغة اللاتينية ) ، فى أوائل العشرينات من القرن التاسع عشر ، ردود أفعال صاخبة لدى الفيزيائيين الأوروبيين ، وهي ردود أفعال لم يتكرر مثيل لها سوى بعد قرن من الزمان اثر اكتشاف ظاهرة انشطار اليورانيوم .

وعقب اعلان اكتشاف أورستيد مباشرة ، أثبت فيزيائى فرنسى يدعى دومينيك ف.ج. أراجو ( ١٧٨٦ - ١٨٥٣ ) أن مرور التيار الكهربى فى السلك يكسبه خصائص مغناطيسية أخرى بخلاف التأثير على ابرة البوصلة ، فهو يجتذب برادة الحديد غير المغنطة كما لو كان مغناطيسا عاديا .

ثم أثبت فيزيائى فرنسى آخر يدعى أندريه مارى أمبير ( ١٧٧٥ - ١٨٣٦ ) أن من شأن سلكين متوازيين يمر بكل منهما تيار كهربى أن يتجاذبا لو كان التيار يمر فى نفس الاتجاه فى السلكين ، وأن يتنافرا لو كان التيار يمر فى اتجاهين متضادين ، وتلك أيضا خاصية من خصائص المغناطيس .

وقد صنم أمبير تجربة كفل فيها لأحد السلكين حرية الدوران بطوله فى مستوى مواز للسلك الآخر . ثم مرر التيار الكهربى فى السلكين فى اتجاهين متضادين ، فكان أن دار السلك فكان أن دار السلك حر الحركة ، بمقدار ١٨٠° ، فأصبح التياران يمران فى نفس الاتجاه . ويتماثل ذلك تماما مع ما يحدث للقطب الشمالى فى مغناطيس حر الحركة عندما يقترب منه القطب الشمالى لمغناطيس آخر ، اذ يدور المغناطيس حر الحركة بحيث يأتى القطب الجنوبى مكان الشمال .

خلاصة القول ان خاصية « الكهرومغناطيسية » تماثل كثيرا المغناطيسية العادية .

ولقد كان معروفا منذ زمن طويل انه لو نثرت برادة الحديد على ورقة مقواة موضوعة فوق مغناطيس ، فانها ستتجه ، بالخطب الخفيف على الورقة ، الى الانتظام فى منحنيات منبعجة للخارج تبدأ عند قطب وتنتهى عند الآخر . وقد أطلق العالم الانجليزى مايكل فارادى على هذه المنحنيات اسم « خطوط القوة المغناطيسية » .

ويمثل كل واحد من هذه الخطوط منحنى تتساوى فيه القوة المغناطيسية . ومن ثم يمكن لبرادة الحديد أن تتحرك على هذا المنحنى بأقل قدر من الجهد ، ولكن الانتقال من خط الى خط يتطلب جهدا أكبر ( وذلك يماثل التحرك على سطح مستو ، فهو يجرى بجهد قليل ما دمتنا على نفس « خط قوة الجاذبية » ، أما الانتقال من خط الى خط ، صعدا أو نزولا ، فيقتضى بذل قدر أكبر من الجهد ) .

ويتسم أيضا السلك الذى يمر به تيار كهربى بخاصية أحداث خطوط قوة مغناطيسية . فلو أن السلك يمر من خلال فتحة فى ورقة مقواة منشور عليها برادة الحديد ، فستتجه البرادة ، مع الخطب الخفيف على الورقة ، الى الانتظام فى سلسلة من الدوائر المتراكزة المتقاربة بما يسفر عن تشكيل خطوط قوة كهرومغناطيسية .

ولو جئنا بسلك كهربى وشكلناه على هيئة حلزون مثل الياى ، فسوف نحصل على ما يسمى « بالملف اللولبى » .

وبتمرير تيار كهربى فى مثل هذا اللولب سنجد أن التيار يمر فى كل واحدة من حلقات اللولب فى نفس الاتجاه الذى يمر فيه فى الحلقات الأخرى . ومن ثم يعمل المجال المغناطيسى لكل حلقة على تقوية مجالات الحلقات الأخرى . وبالتالي يعتبر الملف الكهربى مغناطيسا أقوى مما لو كان

السلك مفردا ويمر فيه نفس التيار . وفي الواقع ، فإن الملف الكهربى يشبه المغناطيس الى حد بالغ .

وتتعد خطوط القوة الدائرية المحيطة بالسلك الكهربى فتكون سلسلة من المنحنيات البيضاوية التى تتزايد فى الاتجاه الخارج من الملف الكهربى وتتناقص داخله . وبما أن المنحنيات الخارجة تزيد أقطارها كلما ابتعدت عن الملف فإنها تتباعد فيما بينها . أما داخل الملف فلا مفر من أن تتقارب فيما بينها . وطبيعى أن القوة المغناطيسية تزيد كلما اقتربت خطوط القوة من بعضها وبالتالى يتسم الحيز الداخلى للملف بخصائص مغناطيسية أقوى منها خارجه .

وتتميز بعض المواد المصنعة بالقدره على استيعاب عدد بالغ من خطوط القوة المغناطيسية . ويأتى الحديد فى مقدمة هذه المواد بما يتيح من تركيز ضخ لخطوط القوة ( ولذلك فهو شديد التأثير بالجذب المغناطيسى ) .

ولو أحاط سلك ملف كهربى بقضيب من الحديد فإن الخصائص المغناطيسية للملف ستزداد تركيزا . وتلك خاصية أثبتتها فى عام ١٨٢٣ الفيزيائى الانجليزى وليم ستورجون ( ١٧٨٣ - ١٨٥٠ ) ، باستخدام سلك كهربى ممزول بمادة الشيلاك وملفوف على هيئة لولب من ١٨ حلقة حول قضيب من الحديد .

ثم أجرى تجربة أخرى استخدم فيها قضيبا من الحديد ، على هيئة حدوة حصان ويزن سبعة أونسات ، ملفوف حوله سلك كهربى . ولما مرر التيار فى السلك صارت حدوة الحصان مغناطيسا له قدرة تتيح حمل كتلة من الحديد وزن تسعة أرطال ، أى عشرين مثل وزنه . وعندما فصل ستورجون التيار ، فقدت حدوة الحصان خاصية المغناطيس فى الحال فسقطت كتلة الحديد . لقد اخترع ستورجون بذلك ، « المغناطيس الكهربى » .

وفي عام ١٨٢٩ سمع الفيزيائي الأمريكي جوزيف هنرى ( ١٧٩٧ - ١٨٧٨ ) عن المغناطيس الكهربى الذى اخترعه ستورجون وتوسم فى نفسه القدرة على عمل شئ أفضل ، فمن الواضح أنه كلما زاد عدد لفات السلك الكهربى حول القضيب الحديد ، كان المغناطيس أقوى - ولكن ، كلما زاد أيضا عدد اللفات زادت فرص تلامس السلك مع بعضه - وبالتالي لابد من عزل السلك بمادة أفضل من الشيلاك ، لمنع سريان التيار فى السلك ككتل نتيجة التلامس ، وضمان مروره فى الطريق الطويل لللفات الواحدة تلو الأخرى -

وقرر هنرى عزل السلك بالحريير ، واستخدم لهذا الغرض تنورة ( ولم أتمكن من التوصل لشيء يبين رد فعل زوجته عندما أخبرها بالنبأ السعيد ) - وما أن عزل السلك حتى لفه آلاف المرات حول القضيب الحديد - وبحلول عام ١٨٣١ ، كان قد صنع مغناطيسا كهربيا صغير الحجم يمكنه رفع كتلة من الحديد يربو وزنها على طن - وعندما كان يفصل التيار كانت الكتلة تسقط محدثة دويا كبيرا -

الأمر اذن ليس مجرد تحويل الكهرباء الى مغناطيس ، ولكن أمكن بهذه الطريقة صنع مغناطيس يفوق كثيرا فى قدرته المغناطيس المادى -

ولكن هل يمكن أن تسير الأمور فى الاتجاه العكسى ؟ هل يمكن توليد الكهرباء من المغناطيس ؟

أولى مايكل فاراداي اهتماما خاصا بهذا الموضوع ، وأجرى أربع محاولات لتوليد الكهرباء من المغناطيس ، ولكنه منى بالفشل فى كل مرة - غير أنه أقدم فى عام ١٨٣١ (وهو العام الذى صنع فيه هنرى مغناطيسه الكهربى العظيم) على اجراء تجربته الخامسة على النحو التالى :

استعمل فاراداي حلقة من الحديد ولف سلكاً كهربيًا على أحد جوانبها ، ثم أوصل طرفي السلك بقطبي بطارية فحصل بذلك على دائرة كهربية ، وأضاف إليها مفتاحاً لفصل التيار بما جعله يتحكم في مفتلة الحلقة الحديدية . وفي الجانب الآخر من الحلقة ، لف فاراداي سلكاً كهربيًا آخر على أمل أن يتولد فيه تيار كهربي نتيجة المغناطيس .

ولكن كيف يتسنى له أن يعرف ما إذا كان هذا السلك الثاني قد سرى فيه تيار كهربي أم لا ؟ فليس من وسيلة للاحساس المباشر بالتيار الكهربي ، لا سيما لو كان ضعيفا .

وهنا فكر فاراداي في استخدام أحد تطبيقات تجربة أورستيد الأصلية . وكان الفيزيائي الألماني جوهان س. ك. شويجر ( ١٧٧٩ - ١٨٥٧ ) قد يادر في عام ١٨٢٠ ، عقب نشر نتائج أورستيد مباشرة ، الى تصميم جهاز صغير يتكون من ابرة ممغنطة معلقة فوق قرص به تدريج نصف دائري ويحميه غطاء زجاجي . ولو أدمج هذا الجهاز في دائرة كهربية بالطريقة الصحيحة ، فان سريان التيار الكهربي في الدائرة سيؤدي الى دوران الأبرة في أي من الاتجاهين حسب اتجاه التيار ( مثلما حدث في تجربة أورستيد ) وهذا الجهاز معروف باسم « جلفانومتر » نسبة الى جالفاني الذي أشرنا إليه في الفصل الثاني .

ومن ثم أوصل فاراداي جلفانومتر بالسلك الثاني في الحلقة الحديدية ، وأصبحت التجربة جاهزة .

كان فاراداي يتوقع أنه عندما يضغط على المفتاح ويسرى التيار في الملف الأول ستتحوّل الحلقة الحديدية الى مغناطيس ، وسيكون من شأنها أن تولد تياراً في الملف الثاني ، وأن الجلفانومتر سوف يسجل ذلك التيار بحركة ابرته . وبمعنى آخر كان فاراداي يأمل أن يحول الكهرباء الى مغناطيس في أحد أجناب الحلقة الحديدية ، والمغناطيس الى كهرباء في الجانب الآخر .

وضغط فاراداي على المفتاح ، وسرى التيار ولكن ما حدث جاء على غير التوقع . فعندما سرى التيار تحركت ابرة الجلفانومتر بما يدل على تولد الكهرباء فى الملف الثانى على نحو ما توقع فاراداي ، ولكن لم يدم ذلك سوى لحظة ، وانقطع التيار رغم أن المفتاح فى الدائرة الأولى مازال فى وضع التوصيل . وعادت ابرة الجلفانومتر الى وضع الصفر واستقرت فى مكانها . ولكن عندما فصل التيار فى الدائرة الأولى أتت الابرة بحركة خفيفة فى الاتجاه المعاكس .

بمعنى آخر تولد تيار فى الملف الثانى لحظة بدء سريان التيار فى الملف الأولى ولحظة توقفه . أما فى حالة الانتظام ، سواء بسريان التيار بشكل مستمر أو انقطاعه فلا يحدث شئ .

ويفسر فاراداي ما حدث على النحو التالى : عندما بدأ التيار يسرى فى الملف الأول وتحولت الحلقة العديد الى مغناطيس تولدت خطوط القوة المغناطيسية وأخذت تنتشر للخارج ، وأثناء تحركها تقاطعت مع حلقات الملف الثانى فولدت فيها تيارا كهربيا ، ولكن عندما وصلت هذه الخطوط الى مداها استقرت ، وبالتالي توقفت عن اختراق الملف الثانى ، ومن ثم توقف التيار فيه . أما عندما فصل التيار فى الملف الأول وانعدمت المغنطة فى الحلقة الحديد ، انكمشت خطوط القوة المغناطيسية وتقاطعت مرة ثانية مع الملف الثانى ومن ثم ولدت فيها تيارا للمرة الثانية ولكن فى الاتجاه المعاكس .

واستنتج فاراداي أن تحول المغناطيس الى كهرباء يستوجب تهيئة الفرصة لأن تقطع خطوط القوة المغناطيسية بانتشارها السلك ( أو أية مادة يمكن أن تسرى فيها الكهرباء ) ، أو أن يتحرك السلك ( أو أى موصل آخر ) فيقطع خطوط القوة المغناطيسية .

ولا ثبات ذلك ، لجا الى استخدام ملف متصل بجلفانومتر  
ثم ادخل قضيبا ممغنطا في تجويفه . ونتيجة لتقاطع خطوط  
القوة المغناطيسية على حلقات الملف أثناء دخول المغناطيس  
تحركت ابرة الجلفانومتر في اتجاه ، وعندها اخرج  
المغناطيس قطعت خطوط القوة حلقات الملف للمرة الثانية  
فتحركت الابرة في الاتجاه المعاكس . أما لو أوقف المغناطيس  
في أى وضع تعود الابرة الى الصفر دلالة على عدم وجود تيار .

ويروى انه ، بينما كان فاراداي يشرح هذه التجربة في  
احدى محاضراته العامة ، سأله سيدة قائلة : « ولكن يا سيدى ،  
فيم يستخدم ذلك ؟ » فأجابها بقوله : « سيدتى ، فيم يستخدم  
طفل وليد » ! ويروى أيضا أن وليم جلاستون ، وكان عضوا  
حديث الانضمام الى البرلمان ، ولكنه شغل بعد ذلك منصب  
رئيس الوزراء أربع مرات ، سأل نفس السؤال ، ويقال ان  
فاراداي رد عليه قائلا : « سيدى ، فى غضون عشرين سنة ،  
سوف تفرضون ضريبة على هذا الجهاز » .

ولست أميل الى تصديق هذه الرواية ، لأن المقارنة بطفل  
وليدها جامد أيضا فى رواية منسوبة لـ « بنجامين فرانكلين » عندما  
أطلق أول منطاد . ولكن حتى ان كانت صحيحة فلا بأس ،  
فمثل تلك الاجابات تأسرني ، ولماذا نفترض دائما أن كل  
تجربة علمية مهمة لابد أن يكون لها استخدام ؟ يكفي أنها  
تنمى فهمنا للكون سواء أكان لها استخدام أم لا .

ولم يكن قانون بقاء الطاقة ، فى الوقت الذى كان يجرى  
فيه فاراداي هذه الأبحاث ، قد ترسخ وصار ، على نحو ما هو  
عليه اليوم ، قاعدة أساسية لا حيود عنها . ولو كان هذا  
القانون فى الأذهان فى ذلك الوقت لبرز سؤال : من أين يأتي  
التيار عند ادخال مغناطيس فى تجويف ملف ؟ هل تتحول  
الطاقة المغناطيسية ببساطة الى طاقة كهربائية ؟ وهل كل موجة  
من التيار الكهربى يقابلها تناقص طفيف فى القوة المغناطيسية



الى أن يتحول المغناطيس الى مجرد قطعه من الحديد بعد أن تتحول كل طاقته المغناطيسية الى كهرباء ؟

والاجابة على هذا السؤال هى : لا !

فالمغناطيس يحتفظ بكل شدته • وأيا كان عدد مرات ادخاله فى الملف واخراجه ، لا ينقص ذلك من قوته شيئا ، ومن شأنه نظريا أن يولد عددا لا نهائيا من موجات التيار الكهربى دون أن يفقد شيئا من خصائصه •

ولكن من المستحيل بالتأكيد الحصول على شيء من لا شيء ، أليس كذلك ؟ قطعاً ! وبالفعل لا نحصل على شيء من لا شيء •

فمن خصائص خطوط القوة المغناطيسية أن تقاوم عملية دفعها على التقاطع مع الموصلات الكهربائية ، وأيضا تقاوم الموصلات الكهربائية أن تدفع الى قطع تلك الخطوط • وتتضى عملية دفع قضيب عادى من الحديد داخل تجويف ملف ثم اخراجه بذل بعض الطاقة للتغلب على القصور الذاتى للقضيب • أما لو كان القضيب مغنطيا فسوف تستوجب نفس هذه العملية بذل مزيد من الطاقة لدفع خطوط القوة المغناطيسية على التقاطع مع حلقات الملف • وينسحب ذلك أيضا على عملية تحريك الملف صوب قطعة من الحديد ثم ابعاده عنها • ومرة أخرى سوف يقتضى الأمر بذل قدر اضافى من الطاقة لو كانت قطعة الحديد مغنطة •

وهذا القدر الاضافى من الطاقة هو الذى يتحول الى طاقة كهربية •

ثم فكر فاراداي بعد ذلك فى ايجاد طريقة لأن يقطع أحد الموصلات خطوط القوة المغناطيسية بشكل مستمر ، بحيث يتاح تولد تيار كهربى منتظم بدلا من مجرد موجات لحظية من التيار •

وبعد شهرين من التجارب ، أتيت فاراداي أن المغناطيس يمكن أن يكون مصدرا لتيار كهربى منتظم . وقد استخدم فى تجاربه قرصا رقيقا من النحاس ركبه على عمود دوار . وجعل المحيط الخارجى للقرص الدوار يمر بين قطبي مغناطيسى قوى . وبالتالي فهو يقطع بصفة مستمرة خطوط القوة المغناطيسية مما يؤدى الى تولد تيار كهربى متصل فى القرص طالما يدور .

وكان التيار يسرى من المحيط الخارجى للقرص النحاسى ، حيث سرعة الدوران الخطية وبالتالى شدة التيار فى ذروتيهما ، الى العمود حيث تقل السرعة الخطية الى أن تنعدم تماما عند المحور . ولو تم توصيل دائرة ، بحيث يشكل أحد طرفيها اتصالا منزلقا مع المحيط الخارجى للقرص الدوار والطرف الآخر مع العمود ، فسوف يسرى تيار كهربى فى الدائرة طالما استمر القرص فى الدوران .

ولم تكن عجلة التاريخ قد تجاوزت عام ١٨٣١ عندما اخترع فاراداي المولد الكهربى أو « الدينامو » ( وهو لفظ مشتق من كلمة يونانية تعنى « القدرة » ) . وبالطبع لم يكن هذا الدينامو الأول عمليا بدرجة كبيرة ، ولكن سرعان ما توالى التحسينات بشكل متلاحق ، وبمرور الوقت ، صار بالامكان توليد الكهرباء بشكل منتظم ونقلها فى كابلات لمسافات شاسعة وبأية كميات تكفى لتغذية المصانع والمكاتب والمنازل ، وصارت مأخذ التيار الصغيرة المثبتة فى الحوائط سمة لا غنى عنها للحياة فى الولايات المتحدة وفى البلدان الصناعية الأخرى . وما على المرم ، اذا أراد تشييل أى جهاز كهربى ، الا أن يوصل الكابل الخاص بالجهاز بمأخذ التيار فى الحائط ثم يخلى ياله (★) .

(★) يتسم المولد من النوع الذى ابتكره فاراداي بتوليد « تيار متصل » يسرى فى اتجاه واحد بصفة مستمرة . أما المولدات الحديثة فهى تولد « تيارا تردديا » أى يسرى على هيئة نبضات ترددية تغير اتجاهها بشكل متوال بمعدل ٦٠ مرة فى الثانية - ولكن هذا موضوع سوف اتناوله فى مقال آخر مستقبلا .

وتكمن الفكرة فى مثل هذه الأجهزة فى الإبقاء على دوران القرص النحاسى ( أو ما يعادله فى المولدات الأخرى ) بما يتضمنه ذلك من ضرورة توفير قدر كبير من الطاقة لدفعه على قطع خطوط القوة المغناطيسية •

ولعلنا نتخيل مثل هذه الأقراص وقد تم تركيب كل منها على عمود كرنك ، ويقوم بتدويرها طواوير متعاقبة من العبيد الذين يقطرون عرقا تحت « تشجيع » الشياطين الطويلة ، ولكن - لا نريد ذلك ، شكرا • فمن حسن الطالع أنه عندما ابتكرت المولدات الكهربائية كانت هناك المحركات العاملة بالبخار ، والتي يمكن استغلالها فى إدارة الكرنكات • وبهذه الطريقة أمكن استخدام الطاقة الناجمة عن احتراق الوقود فى إدارة المولدات للحصول على الكهرباء •

وعلى الصعيد الاقتصادى ، فإن احتراق الوقود يقل كثيرا فى تكلفته عن استهلاك الزنك أو أى معادن أخرى ، وبالتالى يمكن بهذه الطريقة توليد الكهرباء بكميات تفوق كثيرا ما يمكن الحصول عليه باستخدام البطاريات • وهذا يفسر أيضاً تفضيل استخدام المولدات الكهربائية فى إعادة شحن البطاريات المخزنة بدلا من استخدام بطاريات أخرى ، فنكون كمن يحاول رفع نفسه بأن يضع ذراعيه تحت ابطنه ، كما أنه يفسر اللجوء الى إعادة شحن بطاريات السيارات أثناء السير وذلك باستخدام طاقة احتراق البنزين أو السولار فى تدوير مولد صغير ( الدينامو ) •

غير أنه لا يمكن فى أفضل الأحوال تحويل نسبة تتجاوز ٤٠٪ من طاقة الوقود المحترق الى كهرباء ، أما الباقي فهو يفقد على هيئة حرارة ( ويرجع السبب الى ذلك القانون

المزيج القديم ، وأعنى القانون الثانى فى الديناميكا الحرارية ) • ولو أمكن تصميم بطارية كهربية تنهيا فيها الفرصة لتفاعل الوقود مع الأكسجين ، فسوف يتاح شيئا فشيئا تحويل كل طاقة الأكسدة تقريبا الى كهرباء - ولكن لم ينجح أحد حتى اليوم فى ابتكار « بطارية وقود » عملية من هذا القبيل • وإذا كانت هناك محاولة ناجحة فى هذا المجال ، فمن المستبعد امكان تصنيفها بالحجم والكمية اللذين يتيحان لها منافسة المولدات الكهربية •

يضاف الى ذلك أن عملية تدوير توربينات المولدات ليست مقصورة على المحركات البخارية التى تحرق الوقود لتوليد الطاقة ، بل يمكن استخدام الشلالات أو الرياح فى ذلك ( نفس فكرة طواحين المياه وطواحين الهواء التى كانت مستخدمة فى عالم ما قبل الصناعة ) • فعلى سبيل المثال تعتبر شلالات نياجرا مصدرا يصلح لتوليد قدر هائل من الكهرباء لا ينطوى على حرق وقود ولا فقدان كمية كبيرة من الحرارة ولا أية نسبة من التلوث •

والواقع انه يمكن من حيث المبدأ استخدام أى مصدر للطاقة - سواء المد والجزر أو الأمواج أو الينابيع الحارة أو الاختلاف فى درجات الحرارة أو القدرة النووية • الخ - فى تدوير التوربينات لتوليد الكهرباء • لكن المسألة تتعلق بإيجاد الطرق العلمية لتطبيق ذلك على نطاق واسع •

وقد يبعث رخص أسعار المولدات الكهربية المتوفرة بأعداد هائلة على الاعتقاد باحتمال الاستغناء عن البطاريات • فمندا الذى يريد ذلك القدر الضئيل من الكهرباء التى توفرها البطاريات بثمن مرتفع ، بينما يستطيع الحصول

على كل ما يريد يسمر يقتل كثيرا وذلك بمجرد توصيل السلك  
بمأخذ التيار فى الحائط •

وتكمن الاجابة على ذلك السؤال فى الجملة القصيرة  
الآخيرة وهى « توصيل السلك بمأخذ التيار فى الحائط » •  
فانك لا تود أن تكون دائما مرتبطا بالحائط ، لا سيما اذا  
تعلق الأمر بأشياء محمولة مثل المذياع وساعة اليد وكاميرا  
الفيديو وبطارية الاضاءة أو حتى مجرد لعبة ، وكلها أشياء  
تحتاج للبطاريات • ولو أن كل ما تحتاجه هو قدر ضئيل من  
تيار ضعيف لأغراض محدودة ولشئ محمول يتيح لك عدم  
الارتباط بمأخذ التيار ، فسوف تجد ضالتك فى البطارية •

وتؤدى الكهرباء بعضا من وظائفها باستخدام أجزاء  
غير متحركة • فالحرارة الناجمة على سبيل المثال عن سريان  
التيار الكهربى فى شتى أنواع المقاومات هى التى تؤدى الى  
إثارة المصابيح والى تشغيل السخانات والأفران الكهربائية  
وما الى ذلك •

ولكن فى معظم الأحيان ترتبط الحاجة للكهرباء  
بالرغبة فى توليد الحركة ، ولو أن هناك وسيلة لاستغلال  
التيار الكهربى فى تدوير عمود أو عجلة ، فان ذلك سيتيح  
التوصل الى أنواع أخرى من الحركة •

ولا بد أن يكون ذلك ممكنا • ففي هذا الكون ، يمكن  
للأشياء أن تجرى فى الاتجاه المعاكس • وإذا كان من شأن  
جسم دوار ، كالتوربينات على سبيل المثال ، أن يولد تيارا  
كهربيا ، فلا بد أن يكون من شأن التيار الكهربى أن يتيح  
دوران ذلك الجسم •

والطريف انه ما أن انتهى فاراداي من اختراع المولد  
الكهربى حتى يادر جوزيف هنرى الى السير فى الاتجاه  
المعاكس فاخترع المحرك الكهربى • وبدأ عصر الكهرباء على  
يدى هذين العالمين •

وعلى مدى المستقبل القريب ، ستظل البطاريات والمولدات الكهربائية مستخدمة بل وحتمية \* أما مصادر الطاقة فسوف تشهد ، خلال العقود القادمة ، اتجاها متناميا للاعتماد في توليده الكهرباء على طرق مختلفة تماما ، لا تستخدم التفاعلات الكيميائية أو خطوط القوة المغناطيسية \* وهذا ما سوف أتناوله في الفصل القادم \*

## الفصل الخامس

### أشرفى أيتها الشمس المبشرة

ظهرت في السنوات الأخيرة كتب عديدة تتضمن قوائم  
من شتى الأنواع تبين اتجاهات الناس وأسبقياتهم في تفضيل  
الأشياء . ولو أن عددا معقولا من الناس كتب عددا ملائما  
من مثل هذه القوائم تشتمل عددا مناسباً من الفئات  
والتصنيفات ، فلن يفلت شيء بالتأكيد من أن يندرج في  
واحدة من هذه القوائم . حتى أنا !

ولن يدهشنى بالطبع أن يدرج شخص ما اسمى في قائمة  
العشرة المفضلين لديه من كتاب الخيال العلمى . ولكن لم  
يخطر ببالى أن يختارنى أحد ضمن الرجال المشعرة الأكثر  
جاذبية وفحولة فى أمريكا . وبالطبع ، أنا على يقين من أنى  
واحد من هؤلاء العشرة ، ولكن لم أكن أدرك أن أحداً غيرى  
يعرف هذه الحقيقة .

غير أن ما يمتثله ذلك فى نفسى من زهو لم يخل من شائبة ،  
فلقد كان وجودى فى هذه القائمة مشروطاً بأن أتخلص من  
« سبيلتى السخيفة » . ( السبلة هي الجاربان الخديان  
القصيران ) .

أى حظ هذا !

فأولاً أنا أحبهما ، وثانياً فإن لهما أهمية لا مثيل لهما  
بوصفهما وسيلة للتعرف ، وذلك أمر مهم فى أعين الناس .  
وقد تأكدت لدى هذه الفكرة مرة أخرى منذ بضعة أيام .

فبينما كنت أتناول الغداء فى واحد من أرقى مطاعم  
نيويورك ، اقتربت منى على استحياء سيّدة شابة بالفه  
الجبّاذية وطلبت توقيعى على أوتوجراف • ففضلت بأسلوبى  
الرقيق كالمعتاد وسألها وأنا أضع توقيعى : « كيف عرفت  
أنى أنا ؟ »

فأجابت قائلة : « لأنك تبدو أنت » •

وكانت تعنى بالطبع شاربى المميز ، وقليل من الناس  
غيرى من لديهم هذه الثقة القوية بالنفس بحيث يظهرون فى  
المجتمع بهذا الشكل المنمق •

ورغم ذلك فمن الوارد أن يسفر التعرف على شخص أو  
على شئ من خلال المظهر والهيئة عن الوقوع فى خطأ ، وقد  
حدث ذلك كثيرا • والآن وبعد أن تناولنا فى ثلاثة فصول  
السبل المختلفة لتوليد الكهرباء ، نستهل هذا الفصل الرابع  
— فى نفس الموضوع — باثنتين من حالات سوء التقدير نتيجة  
الحكم بالمظهر •



فى الأربعينات من القرن الثامن عشر اكتشفت مناجم  
الذهب ، فيما كان يسمى فى ذلك الحين بالمجر الشرقية وصار  
اليوم الشمال الغربى لرومانيا • وقد أسفرت عمليات البحث  
الشرهة كالمعتاد ، عن اكتشاف مزيد من هذه المناجم فى  
أماكن أخرى برومانيا ، ولكن أحيانا كانت كمية الذهب  
المستخرجة من مثل هذه المناجم ضئيلة بدرجة محبطة • وقد  
اقتضى ذلك أن ينكب المتخصصون فى علم المناجم على دراسة  
هذه الظاهرة بحثا عن أى خطأ محتمل •

وفى عام ١٧٨٢ قام واحد منهم يدهى أنطون فون  
روبريشت بتحليل عينة من منجم للذهب ، واستنتج أن سبب  
عدم الحصول على الذهب يرجع الى إحدى الشوائب غير  
الذهبية • وتحليل هذه الشوائب لاحظ أنها تشبه الأنتيمونيا



فى بعض خصائصها ، وهى عنصر يعرفه الكيميائيون جيدا  
فى الوقت الحالى . وأخذ روبريشت بالمظهر واستقر رأيه الى  
أن العنصر المعنى هو أنتيمونيا .

وفى عام ١٧٨٤ تناول متخصص مجرى آخر فى علم  
المناجم يدعى فرانتز جوزيف مولر ( ١٧٤٠ - ١٨٢٥ ) نفس  
العينة التى فحصها روبريشت ، ودرسها وخلص الى أن تلك  
الشوائب المعدنية ليست أنتيمونيا ، لأنه ليس لها بعض  
خصائص ذلك المعدن . وبدأ يتساءل هل الأمر يتعلق بعنصر  
جديد تماما ؟ ولكنه لم يجرؤ على أن يزوج بنفسه فى شئ من  
هذا القليل . وفى عام ١٧٩٦ أرسل عينات من هذا الخام  
الى الكيميائى الألمانى مارتن هنريتش كلابروث ( ١٧٤٣ -  
١٨١٧ ) وكان رائدا فى مجاله ، وأفضى اليه بما يدور فى  
ذهنه من اكتشاف عنصر جديد وطلب اليه التحقق من الأمر .

وأجرى كلابروث كل الاختبارات اللازمة على العينات  
الى أن أقر فى عام ١٧٩٨ أن المعدن المعنى هو بالفعل عنصر  
جديد . وعلى نحو ما يليق به ، نسب كلابروث الاكتشاف  
لمولر ( وليس لنفسه أو لروبريشت ) ، وأطلق على العنصر  
الجديد اسم « تيلوريوم » وهو لفظ مستوحى من كلمة  
يونانية تعنى « الأرض » .

ويعد التيلوريوم عنصرا نادرا للغاية ، حيث تقدر نسبة  
وجوده فى القشرة الأرضية بنصف مقدار الذهب . غير أنه  
غالبا ما يكون ممتزجا مع الذهب فى المناجم .

ويعتبر التيلوريوم واحدا من عناصر عائلة الكبريت  
( على نحو ما عرف فيما بعد ) ، ولذلك لم يندهش الكيميائى  
السويدي جونز جاكوب برزيلويس ( ١٧٧٩ - ١٨٤٨ )  
عندما اكتشف فى عام ١٨١٧ وجود التيلوريوم فى حامض  
الكبريتيك المنتج فى أحد المصانع ، أو على الأقل عشر على  
شوائب تشبه التيلوريوم فسلم للوهلة الأولى بأنها كذلك .

ولكن برزيليوس لم يكن رجلا هينا ليستمر طويلا على هذه السذاجة - فعندما فحص هذا التيلوريوم المزعوم لاحظ انه يختلف عن التيلوريوم الحقيقي فى بعض خصائصه . وبحلول فبراير ١٨١٨ كان قد تحقق من ان بين يديه عنصرا آخر جديدا شديد الشبه بالتيلوريوم . وبما ان اسم التيلوريوم قد استوحى من الارض فقد استوحى اسم العنصر الجديد من القمر ، ولما كان اسم سيلين هو اسم الهة القمر عند اليونان ، فقد أطلق على ذلك العنصر اسم « سيلينيوم » .

ويقع السيلينيوم فى الجدول الدورى بين عنصرى الكبريت والتيلوريوم - وليس السيلينيوم من العناصر الشائعة ، ولكنه أكثر شيوعا من التيلوريوم والذهب ، وهو فى الواقع قريب فى درجة شيوعه من الفضة .

ولم يحظ السيلينيوم والتيلوريوم بأهمية خاصة لقراءة قرن بعد اكتشافهما ، الى أن شهد عام ١٨٧٣ ظاهرة غريبة غير متوقعة بالمرّة - فقد لاحظ ويلوبى سميث ( لا أعرف أى شيء عنه بخلاف الاسم ) أن السيلينيوم يوصل التيار الكهربى بشكل أيسر كثيرا فى وجود الضوء عنه فى الظلام . وكانت هذه هى المرة الأولى التى يكتشف فيها شيء عن الخاصية التى عرفت فيما بعد باسم « التأثير الضوئى الكهربى » ، أى تأثير الضوء على الخواص الكهربائية .

وقد أتاحت هذه الخاصية الفرصة لابتكار ما يسمى بالعين الكهربائية . وتتصل فكرة العين الكهربائية ببساطة فى وعاء زجاجى مفرغ ويحتوى على سطح مغطى بطبقة من السيلينيوم متصلة بدائرة كهربية . ويتعرض هذا الوعاء لشعاع من الضوء فيصبح السيلينيوم موصلا للكهرباء . ويستغل التيار الكهربى المنار بالسيلينيوم فى تشغيل آلية معينة ، ولتكن على سبيل المثال ، آلية لغلاق باب هو فى الأصل مجهز ليبقى مفتوحا ، أى مادام التيار موصولا سيبقى الباب مغلقا ولو قطع فسوف يفتح الباب تلقائيا .

• ولو وضع مصدر الشماع الضوئى فى مكان بحيث يتقاطع الشماع ، قبل سقوطه على الوعاء الزجاجى ، مع اتجاهه اقتراب الناس من الباب ، فان أى شخص سيمر سيقطع هذا الشماع الضوئى وبالتالي سيتوقف السيلينيوم لحظيا عن توصيل الكهرباء ، وكذلك آلية اغلاق الباب ، وتكون النتيجة أن يفتح الباب وكاننا فى احدى روايات « ألف ليلة وليلة » ، بل أفضل ، لأنك لن تضطر لأن تنادى « افتح يا سمسم » •

ولكن كيف يكون للضوء تأثير على خاصية التوصيل الكهربى ؟

ولم لا ؟ اليس الضوء والكهرباء نوعين من الطاقة ، وانه نظريا ، من شأن أى نوع من الطاقة أن يتحول الى أى نوع آخر ( حتى لو لم يكن التحول كاملا ) ؟

أى أن من شأن الكهرباء أن تنتج ضوءا ، وما ونيفض البرق فى الفواصف الرعدية الا نتيجة تفريغ كهربى ، ولو اقترب سلكان كهربيان من بعضهما دون أن يتلامسا فسوف تتولد فى الفجوة بينهما شرارة ساطعة • وفى عام ١٨٧٩ اخترع توماس ألفا أديسون فى الولايات المتحدة وجوزيف ولسون سوان ( ١٨٢٨ - ١٩١٤ ) فى بريطانيا العظمى المصباح الكهربى الذى يولد الضوء من التيار الكهربى بكميات ضخمة ومازال مستخدما حتى يومنا هذا •

ومع ذلك ، فقد كان من اليسير ، حتى فى عهد ويلوبوى سميث ، أن يدرك المرء كيفية تحول التيار الكهربى الى ضوء ولكنه لم يكن سهلا فهم كيفية تحول الضوء الى تيار كهربى •

وقد لاحت بوادر الاجابة على هذا السؤال فى عام ١٨٨٧ ، عندما كان الفيزيائى الالمانى هنريتش رودولف هيرتز ( ١٨٥٧ - ١٨٩٤ ) يجرى احدى تجاربه لتوليد شرر عبر فجوة هواء باستخدام تيارات كهربية ترددية ( وقد اكتشف

بهذه الطريقة موجات الراديو ) . لاحظ هيرتز ان الشرر يتولد بشكل ايسر اذا سقط ضوء على طرف المعدن الذي يتبعث منه الشرر . ويذكرنا ذلك بالسيليونيوم الذى يودى سقوط الضوء عليه الى تيسير مرور التيار فيه . ولئن يبدو ان الامر يتملق بظاهرة عامة وليس بحاصيه ينسجم بها نوع واحد من المعادن .

وفى عام ١٨٨٨ أسفرت النتائج التى توصل اليها فيزيائى ألمانى اخر يدعى ويلهلم ل. ف. هلواتشر ( ١٨٥٩ - ١٩٢٢ ) عن تحديد بعض الخصائص التى أوضحت الأمور قليلا . فقد أثبت أن سقوط أشعة فوق بنفسجية على شريحة معدنية تحمل شحنة سالبة يجعلها تفقد هذه الشحنة ، بينما لو كانت الشحنة موجبة فلا تتأثر الشريحة بهذه الأشعة . لماذا يتباين رد فعل نوعى الشحنة الكهربائية على هذا النحو ؟

لم يكن يوسع أحد فى عام ١٨٨٨ أن يجيب على هذا السؤال .

وكان الفيزيائيون فى هذا الوقت يدرسون تأثير دفع التيار الكهربى ليس خلال فجوة هواء فحسب ولكن خلال الفراغ . وأسفر هذا النوع من التجارب عن دلالات متزايدة على انبعاث شيء ما من الكاثود ( أى الجزء السالب من الدائرة ) وقد أطلق على ذلك الشيء « الأشعة الكاثودية » . وكان هناك جدل حول نوعية هذه الأشعة ففريق يقول انها تشبه الضوء ، وفريق يقول انها سيل من جسيمات متناهية الصغالة .

ولم يحسم هذا الجدل حتى عام ١٨٩٧ ، عندما توصل الفيزيائى الانجليزى جوزيف جون تومسون ( ١٨٥٦ - ١٩٤٠ ) الى نتائج تثبت بوضوح أن الأشعة الكاثودية هى سيل من الجسيمات متناهية الصغر ، ويحمل كل منها شحنة كهربية سالبة . انها جسيمات بالقتل متناهية الصغالة .

وأصبح تومسون انها إقلي كثيرا من الذرة في كتلتها -  
 فلا يزيد وزن الواحد منها على  $\frac{1}{1837}$  من وزن الذرة في اختز  
 أنواع الهيدروجين سيوعا ، وهي اخف دره موجودة في  
 الطبيعة \*

وقد اطلق على تجسيمات الأشعة الكاثودية اسم  
 « الكثرونات » ، وهو اسم كان قد اقترحه قبل ست سنوات من  
 ذلك الوقت الفيزيائي الأيرلندي جورج جونستون ستوني  
 ( ١٨٢٦ - ١٩٢١ ) ليطلق على أدنى حد للشحنة الكهربائية  
 في الطبيعة ، ان كان هناك ما يمكن ان يعد حدا أدنى \* وقد  
 اتضح مع مرور الوقت أن الشحنة التي يحملها الالكترون  
 تشكل بالفعل حدا أدنى في ظل الظروف العملية العادية \*  
 ( ويعتقد أن الكواركات تحمل شحنة أقل من ذلك ، بحيث  
 يقدر أن بعضها يحمل شحنة تماثل ثلثي شحنة الالكترون  
 والبعض الآخر الثلث ، ولكن لم يتم التوصل حتى الآن الى  
 رصد كواركات معزولة ) \*

واذا اقتصر مفهوم الفيزيائيين للالكترونات في ذلك  
 الوقت على مجرد علاقتها بالأشعة الكاثودية ، فقد انحصر  
 تعريفها على أنها مجرد كميات ضئيلة من أصل التيار الكهربى ،  
 أو بمعنى آخر « ذرات كهزىاء » \* ومع ذلك ، فهكذا فو  
 المجال الذى بدأت تتجلى فيه أهمية الخاصية الكهروضوئية  
 كمنطلق للثورة الكبرى التى شهدها منصف القرن فى مجال  
 الفيزياء \*

وقد أجرى الفيزيائي الألماني فيليب ١٠٠١ لينارد  
 ( ١٨٦٢ - ١٩٤٧ ) ، اختبارا من عام ١٩٠٢ دراسات  
 مكثفة على التأثير الكهروضوئى \* وأثبت أن سقوط أشعة  
 الضوء فوق البنفسجية على أنواع مختلفة من المعادن يؤدي الى  
 انطلاق الكثرونات من أسطحها ، وانقصال الالكترونات بهذا  
 الشكل هو الذى يسبب التفريغ الكهربى لمعدن يحمل أصبلا

شحنة سالبة • ولكن حتى لو لم يكن المعدن مشحونا مسبقا ، فسوف تنطلق ايضا الالكترونات مخلقة ورامها شحنته موجبه في المعدن •

ويدل انفصال الالكترونات من المصادر غير المشحونة على انها ليست مجرد شحنات ضئيلة من الكهرباء ، وانما هي من مكونات الذرة • ويمثل ذلك الاستنتاج على الأقل ايسر تفسير لاكتشاف لينارد • وقد أكدت التجارب المتصلة التي جرت خلال السنوات القليلة التالية تلك الفكرة •

ولما كان التأثير الكهروضوئي يؤدي الى انطلاق الالكترونات من قطاع عريض من العناصر المختلفة ، وبما أن الالكترونات كلها لها نفس الخصائص أيا كان المصدر المصدر ، نستنتج أن الالكترونات تعد من المكونات المشتركة الموجودة في كل الذرات • وبالتالي يرتفع الفارق بين ذرات العناصر المختلفة بعدد ما يحتويه كل عنصر من الكترونات أو بترتيبها أو بكليهما معا وليس بطبيعة الالكترون نفسها •

وكانت هذه الطريقة في التفكير هي طرف الخيط الذي قاد الفيزيائيين الى بداية طريق اكتشاف التركيب الذري ، وبحلول عام ١٩٣٠ اكتست الذرة صورتها المعروفة حتى الآن • فهي مركبة من نواة مركزية بالغة الضالة تتكون من نوعين مختلفين من الجسيمات الثقيلة نسبيا هما البروتونات والنترونات • ويدور حول النواة عدد من الالكترونات الخفيفة • ويحمل كل بروتون شحنة كهربية موجبة تعادل الشحنة الكهربية السالبة التي يحملها الالكترون • أما النترونات فهي متعادلة ، أي لا تحمل شحنات كهربية •

ولما كانت الالكترونات هي الجسيمات التي تحمل شحنة كهربية سالبة والموجودة على الغلاف الخارجى للذرة وتتسم بكتلة خفيفة للغاية تجعلها سهلة الحركة ، بينما البروتونات هي الجسيمات التي تحمل شحنة موجبة وموجودة في مركز

الدره ، علاوة على إنها تتسم بحتلة كبيرة نسبيا تجعلها تميل الى السكون قياسا بسواها ، فان حركة الجسيمات السالبة هي التي تنتج التيار الكهربى - ومع تم يصدر الاشعاع من القطب السالب ، او الختود ، ولا يصدر من القطب الموجب ، أو الانود - ويفسر ذلك مسألة انطلاق الالكترونات من المعادن نتيجة المعرض لأشعة الضوء فوق البنفسجية ، مما يؤدى الى فقدان قدر من الشحنة السالبة ، مخلفة وراءها قدرا مماثلا من الشحنة الموجبة .

والصورة الموجودة فى أذهاننا عن التتروونات والبروتونات والالكترونات هي أنها جسيمات كروية ضئيلة . والواقع أنه ينبغى أن توصف هذه الجسيمات فى اطار نظرية الكم التى تتيح وصفا رياضيا جيدا ولكن لا علاقة له بالصورة المرئية أو المتخيلة . وليس هناك من المشاهد الشائنة فى الحياة ما يمكن أن نستعين به لوصف شكل هذه الجسيمات دون الذرية .

ولقد كان اعداد نظرية الكم مرتبطا كذلك بالتأثير الكهروضوئى .

فقد لاحظ لينارد أن الأشعة التى من شأنها أن تحصر الالكترونات ، لو اتسمت بتمائل أطوال موجاتها ، فسوف تؤدى الى انطلاق الالكترونات بسرعة واحدة . ولو تم تكثيف الضوء فسوف يزداد عدد الالكترونات المنطلقة ، ولكن ستظل السرعة كما هي . أما لو استخدمت أشعة ضوئية بطول موجات أقصر فسوف تزداد سرعة انطلاق الالكترونات . وكلما قصر طول موجات الضوء ازدادت سرعة الانطلاق . ولو سلط ضوء خافت ذو طول موجة قصيرة فسوف يسفر عن انطلاق عدد محدود من الالكترونات ولكن بسرعة عالية . أما لو كان الضوء قويا ولكن ذا طول موجة أكثر طولا ، فانه سيؤدى الى انطلاق عدد أكبر من الالكترونات ولكن بسرعة أقل .

وتجده جد ليطول موجات الضوء تؤول بعده مرعه الانطلاق الى الصفر ، اى لا تنطلق اى الختروناث مهما بلغ هذا الصوم من شدة \* ويختلف هذا الحد الفاصل لطول الموجات من عنصر الى عنصر .

( ولقد نال لينارد جائزة نوبل فى الفيزياء لعام ١٩٠٥ ) نتيجة ما قام به من ابحاث فى مجال التأثير الكهروضوئى . غير ان صدمة الهزيمة الالمانية فى الحرب العالمية الاولى أصابته بالمرارة ، فتحول بصفته احد كبار العلماء الى نازى يارز منذ اللحظة الاولى لهذه الحركة ، واستمر كذلك طول عمره . وحتى على هذا النحو ، فربما يكون قد خدم البشرية بغير قصد ، حيث استنكر الفيزياء والنظرية الحديثة بوصفها « يهودية » وبالتالى خاطئة . ولما كان هو اذن هتلر ، فربما يكون قد أقنعه بالآ يركن كثيرا الى الأبحاث النووية ، ويدون بذلك قد جرم النازية الالمانية من الحصول على القنبلة النووية فى الوقت الملائم بما يحقق لها النصر فى الحرب ) .

ولم تكن الفيزياء التقليدية تصلح لتفسير العلاقة بين طول موجات الضوء والتأثير الكهروضوئى . وكان لابد من البحث عن شىء آخر ، وكان هناك بالفعل شىء آخر .

فى عام ١٩٠٠ كان الفيزيائى الالمانى ماكس ك. ١٠٠٠ بلانك ( ١٨٥٨ - ١٩٤٧ ) قد وضع نظرية الكم ، ليتمكن من تفسير توزيع أطوال الموجات فى الاشعاعات المنبعثة من جسم ساخن . وكان بلانك قد فشل فى ايجاد معادلة ملائمة تستند على فكرة اعتبار الطاقة كما متواصلا ، فافترض وجود الطاقة على هيئة مجزأة ، أى تكون فى صورة وحدات أطلق عليها « الكم » أو « Quantum » ( وهى كلمة يونانية تعنى « كم » ) وهى تمثل أصغر مقدار من الطاقة يمكن أن يوجد مستقلا . وعلى ذلك ، لا يمكن أن ينبعث من جسم ساخن أى مقدار من الطاقة يقل عن ذلك الكم . غير أن مقدار الكم



يتغير باختلاف أطوال الموجات ، فكلما قصر طول الموجات زاد مقدار الكم .

وقد نجحت تماما المعادلات المبنيه على نظريه الكم في اثبات توزيع اطوال الموجات في الاشعاعات المنبعثه من الاجسام الساخنه . غير ان الفيزيائيين ( بما فيهم بلانك نفسه ) ظلوا لسنوات يعتمدون ان هذه النظرية هي حيلة رياضية لا تصلح الا لحل هذه المسألة ، ولم يذر بخلداهم ان الأمر حقيقي وان الطاقة موجودة بالفعل في الطبيعة على هيئة وحدات أو كمات .

وقد أثبت ألبرت أينشتاين ( ١٨٧٩ - ١٩٥٥ ) في عام ١٩٠٥ أن نظرية الكم تنطوي على تفسير لكل الألفاظ وعلامات الاستفهام المتعلقة بالتأثير الكهروضوئي . فمن شأن كل كم من الطاقة أن يقرع الكترونا واحدا . وإذا كان الضوء ذا موجات أطول من اللازم فإن مقدار الكم من طاقته سيكون أضعف من أن يتغلب على قوة جذب الذرة للالكتروناتها ، وبالتالي لن يكون هناك انطلاق للالكترونات . وكلما قصر طول الموجات الضوئية ازداد مقدار الكم الى أن يصل الى القيمة التي تمكنه من فصل الكترون عن ذرته فتنهيا الفرصة لانطلاقه . وهذا هو الحد الفاصل لطول الموجة . أما اذا استمر تناقص طول الموجات ، فسوف تزداد طاقة الانطلاق ، وبالتالي ستتحرر الالكترونات بسرعة أكبر . ولما كانت ذرات العناصر المختلفة تتباين في شدة جذب الكتروناتها ، فبدهي أن يتفاوت الحد الفاصل لطول الموجات من عنصر لآخر .

وتعد هذه هي المدة الأولى التي ينجح فيها أحد في استخدام نظرية الكم لايجاد تفسير كامل لظاهرة لم تكن معدة أصلا لها . وقد اكتست النظرية بذلك التفسير مصداقية كبيرة ، بحيث يستحق أينشتاين أن يتقاسم مع بلانك الفضل في رسائهما . وعندما حصل أينشتاين على جائزة نوبل في الفيزياء

عام ١٩٢١ انما نالها عن ابحاثه في مجال التأثير الكهروضوئي وليس عن توصله لنظرية النسبية \*

وبمجرد ان اتضح ان الضوء يقرع الالكترونات ويمصلها عن ذراتها زال الفموض الذي كان يختنف السيليونيوم . فما أن يسقط الضوء على هذا المنصن حتى تنفصل بعض الكترونات مما ييسر انطلاقها فتتهدأ الفرصة لسريان قدر أكبر من التيار الكهربى \*

وفي الأربعينات من القرن الحالى كانت مجموعة من العلماء فى معامل « بل » ، وفى مقدمتهم الفيزيائى الأمريكى الانجليزى الأصل وليم برادفورد شوكل ( ١٩١٠ - ) ، يجرؤن أبحاثهم على مواد يسرى فيها التيار الكهربى بصعوبة ، فلا هى مؤصلة كالمعادن ولا غير مؤصلة تماما مثل الكبريت والمطاط والزجاج ، ومن ثم أطلق على هذه المواد « أشياء المتوصلات »

ومن شأن بعض أشباه المتوصلات أن تكتسب قدرا أكبر من القدرة على التوصيل ، اذا تمت معالجة مادتها بإضافة كميات ضئيلة من عناصر معينة الى تركيبها . وتتسم هذه العناصر بأن ذراتها تحتوى على الكترون زائد ليس له مكان فى الشبكية البلورية لشبه الموصل ، أو ينقصها الكترون \*

ولو تصادف أن احتوى شبه موصل على الكترون فائض ليس له مكان فى الشبكية البلورية ، فهو يميل الى الانطلاق وذلك من شأنه أن ييسر سريان التيار الكهربى . ولما كانت الالكترونات الفائضة تضيف شحنة سالبة لشبه الموصل ، فقد اصطلح على تسميته « بالنوع س » \*

أما لو تصادف أن نقص الكترون من شبه الموصل فسوف يكون هناك ثقب فى الشبكية البلورية . ويمد هذا الثقب بمثابة جسيم ذى شحنة موجبة ، مما يؤدى أيضا الى تنشيط قدرة شبه الموصل فيسمى فى هذه الحالة « بالنوع م » \*

وقد اكتشف شوكلى والآخرين ان دمج النوعين م و م من اقبياء الموصلات بطرق مختلفة يتيح تصميم اجهزة تؤدى مهام الصمامات المفرغة في الراديو . ولا تحتاج هذه الاجهزة الجديدة الى فراغ مثل صمامات الراديو ، وبالتالي اطلق عليها « اجهزة صمام » . وتتميز الاجهزة الصمام عن الصمامات المفرغة بأنها لا تحتاج الى حيز كبير لتعمل بشكل سليم . بل يمكن أن تكون صغيرة جدا . كما أنها لا تحتاج لنفث زجاجى . يكسبها متانة ويمنع التسرب ، علاوة على أنها تعمل فى ظل درجات حرارة منخفضة ومن ثم لا تحتاج الا قدرا ضئيلا من الطاقة . ولا يستوجب ذلك فترة تسخين .

وفى عام ١٩٤٨ توصل العلماء الى ابتكار « الترانزستور » وبدأ عصر جديد للأجهزة الالكترونية .

ولو تم تجميع شبه موصل من النوع م مع آخر من النوع م فسوف نحصل على ما يسمى « بالوصلة م/م » بينهما . وسوف يكون هناك دائما شحنة سالبة صغيرة فى ذلك الجانب من الوصلة الذى يحتوى على فائض من الالكترونات وشحنة موجبة صغيرة فى الجانب الآخر ، ولو تم توصيل الجانب م والجانب م فى مثل هذا الجهاز يسلك كهربي ، فسوف تتحرك الالكترونات من الجانب م الى الجانب م عبر السلك ، مما يؤدى الى سريان تيار ضعيف للغاية لبرهة ، الى أن تملا الالكترونات الواردة من الجانب م الثقوب الموجودة فى الجانب م فيتوقف التيار .

غير أن التيار فى مثل هذه الدائرة يكون ضعيفا للغاية ولا يبقى الا لفترة قصيرة فلا يمكن استخدامه . ولكن فى عام ١٩٥٤ اكتشف العلماء بالمصادفة ، فى هيئة « بل » للتليفونات ، أن وصلة السيليكون م / م يمكن أن تولد تيارا معقولا ومستمر لو تم تسليط ضوء عليها . انها مرة أخرى نفس فكرة اكتشاف السيليونيوم قبل ثمانين سنة من ذلك التاريخ .

- ، ويعزى ذلك الى أن الضوء يقرع الكترونا فى ذرة السيليكون فينتطق، مخلفا وراءه ثقباً - ولو كان الجهاز متصلاً بدائرة كهربية فسوف يتحرك الالكترون فى السلك فى اتجاه سريان الالكترونات ، بينما يتحرك الثقب فى الاتجاه المعاكس الى أن يقابله الكترون وارد فيحتله .

ولا يتوقف ذلك التيار مادام الضوء مسلطاً على الجهاز . فسوف يعمل الضوء دائماً على انفصال الكترونات جديدة مخلفة وراءها ثقباً جديداً ، بحيث يكون هناك بشكل دائم ومتجدد الكترونات تندفع من الجهاز فى أحد طرفيه وثقوب تحتل فى الطرف الآخر .

ولما كان مثل ذلك الجهاز يولد كهرباء فهو بطارية كهربية مثل الأجهزة الكيميائية التى تناولناها بالشرح فى الفصلين السابقين . ولأن الكهرباء تتولد نتيجة تأثير الضوء ، فتسمى أحياناً «خلية كهروضوئية» ، وإذا كان مصدر الضوء هو الشمس فتسمى «خلية شمسية» .

وتتميز الخلايا الشمسية بالقدره على تحويل طاقة ضوء الشمس مباشرة الى تيار كهربى . ويعود مثل هذا التيار أنفع صنورة للطاقة وإكثرها استخداماً فى أغراض متعددة فى عالم اليوم . فالأمر يتعلق بكهرباء شبه مجانية مصدرها شمس مضيئة بلا نهاية أو على الأقل لبضعة بلايين السنين . ومع ذلك فهناك بعض الموائق :

١ - صحيح أن ضوء الشمس وفير ولكنه ليس كثيفاً بقدر كاف ، وهذا يعنى أن توليد قدر ملائم من الكهرباء يقتضى نشر خلايا شمسية على مساحة كبيرة .

٢ - فعالية الخلايا الشمسية محدودة ، فلقد كانت أول خلايا كهروضوئية - وهى التى تستخدم السيلينيوم - تحول ما لا يتجاوز واحداً فى المائة من طاقة الضوء الى كهرباء . ثم ابتكرت الخلايا الشمسية باستخدام السيليكون فى المعتاد

وأصبحت تحول حوالى 2 في المائة . اما الآن فقد تحسنت  
فعالية تلك الخلايا بما يرفع هذه النسبة الى 20 في المائة .  
ويترتب على ذلك أن لوحات الخلايا تنشر على مساحات  
تتراوح بين خمسة وخمسة وعشرين مثل المساحة التي كانت  
ستشغلها لو كانت درجة الفعالية مائة في المائة . وهذا يعنى  
أن الأمر يقتضى نشر الخلايا على آلاف الأميال المربعة لتوليد  
ما يلزم العالم من الكهرباء .

٣ - إذا كان ضوء الشمس يلا ثمن ، فالخلايا الشمسية  
ليست كذلك . صحيح أن السيليكون عنصر متوفر بفزارة ،  
فهو يحتل المركز الثانى فى درجة شيوعه فى القشرة الأرضية ،  
ولكنه ليس موجودا كعنصر مستقل فهو دائما ممتزج مع  
عناصر أخرى . وعملية فصل السيليكون ليست هيئة وبالتالى  
فهى مكلفة ، علاوة على أن السيليكون المستخدم فى الخلايا  
الشمسية لابد وأن يتسم بدرجة عالية من النقاء ثم تضاف  
اليه الكميات الملائمة من العناصر ذات الخصائص المنشطة  
لتوليد الكهرباء . ونتيجة لكل ذلك يرتفع ثمن الخلايا  
الضوئية بشكل مذهل . ولو تصورنا آلاف الأميال المربعة  
من مثل تلك الخلايا ، مع الأخذ فى الحسبان بتكاليف الصيانة  
والتركيب ، واستبدال الخلايا العاطلة ، وإصلاح التلفيات  
الناجمة عن طبيعة البيئة والنحو ، والحوادث العارضة بل  
وأعمال التخريب ، فسنجد أننا بصدد أغلى طاقة « مجانية »  
فى الوجود .

٤ - صحيح أن ضوء الشمس مجاني ولكنه ليس متاحا  
دائما . فهناك السحب والشوائب والغيار . وفى معظم  
الاماكن الأكثر ازدهاما فى العالم يتسم الجو بدرجة من عدم  
الاستقرار بحيث لا يمكن بأية حال الاعتماد على ضوء الشمس  
كمصدر للطاقة ، لا سيما فى فصل الشتاء ، عندما يتضاعف  
الطلب على الطاقة للإضاءة والتدفئة . ولو انتقلنا الى الأماكن  
التي تتسم بتوافر الضوء الشمسى واستقراره وبعدم شغل

الأرض في استخدامات أخرى - مثل المناطق الصحراوية - .  
 فما زالت المشكلة قائمة حيث يمثل الليل نصف الوقت، ويضاف  
 إلى ذلك أن نسبة من الضوء ، حتى في أكثر المناطق الصحراوية  
 صفاء في جوها ، تتبدد وتصبح عديمة الفائدة في هذا  
 المجال ، وتتفاقم تلك الظاهرة كلما ابتعدت الشمس عن  
 السمت . وتجدر الإشارة أيضا إلى أن قدرا كبيرا من الطاقة  
 الشمسية من خارج نطاق الضوء المرئي . يمتص في طبقات  
 الجو المختلفة .

وفي النهاية ، قد يكون من الأفضل أن نكثف الجهود في  
 سبيل خفض سعر الخلايا الشمسية وتحسين كفاءتها ( ثم نقل  
 الجهاز بمرته إلى الفضاء - وقد ثبت بالفعل أن الخلايا  
 الشمسية في الفضاء مجدية - فقد استخدمت لتشغيل عدد  
 من الأقمار الصناعية التي لا تحتاج قدرا كبيرا من الطاقة ،  
 والتي يصعب توفير الطاقة لها من مصادر أخرى . ولنكني  
 أحدث الآن عن إنتاج الكهنيام على نطاق واسع وبكميات  
 فائقة .

ولعله بوسعنا أن نضع محطة توليد للطاقة باستخدام  
 لوحات من الخلايا الشمسية بمساحة بضعة أميال مربعة ،  
 على مدار ثابت جغرافيا مع الأرض بحيث تحلق دائما فوق  
 رقعة معينة من خط الاستواء . في مثل هذه الحالة لن يكون  
 هناك غلاف جوي حول المحطة ليمتص أو يبديد بعض الضوء  
 وستستخدم كل أشعة الشمس . ولن يكون هناك ليل بمعنى  
 الكلمة ، فلن تتوارى المحطة في ظل الأرض الا لفترات قصيرة  
 هي فترات الاعتدال الربيعي والخريفي ، ولن يكون هناك  
 أي مجال لتدخل صورة الحياة المختلفة أو تدخلها أو  
 لاحتمالات التخريب . ( غير أنه لا مفر من التعرض لاحتمالات  
 الدمار الناجم عن الاصطدام بالنيازك أو الشهب الضئيلة ) .

ونتيجة لهذه الظروف يقدر ما يمكن أن تولده الخلايا

الشمسية من الكهرباء فى الفضاء بما يصل الى ستيين مثل  
ما يمكن أن تولده نفس تلك الخلايا على سطح الأرض .

وبالطبع لن تعود الكهرباء المولدة فى الفضاء بالنفع على  
الانسان لو بقيت فى مكانها . ولذلك لابد من تحويلها الى  
موجات ميكروويف ، وبثها صوب الأرض بدرجة كثافة أعلى  
من كثافة الضوء الشمسى ، ثم يتم استقبالها وتجميعها بلوحات  
محدودة من الخلايا التى تحولها مرة أخرى الى كهرباء .

ولا مجال لأن يتصور أكثر الناس تفاؤلا ، أن مشروع  
انتاج الطاقة الشمسية فى الفضاء سيكون سهلا . فسوف  
يتطلب بالتأكيد وقتا طويلا وقدرًا كبيرًا من العمل والمال ،  
ناهيك عما ينطوى عليه مثل هذا المشروع من مخاطر جسيمة  
بالنسبة لمخ سيعملون به .

ومع ذلك ، فلا تتجاوز تكلفة مثل هذا المشروع نسبة  
ضئيلة مما تصرفه الدول بطيب خاطر على صناعة أسلحة  
لا تجرؤ على استخدامها . كما أن المخاطر المحتملة على الحياة  
البشرية لا تمثل سوى نسبة محدودة للغاية لما يمكن أن  
يتعرض له الانسان مع جراء مشاعر البفرض وعدم الثقة التى  
يبدو أن الأمم تسعد بتبادلها فيما بينها .

أما الفوائد المنتظرة فهى لا تحصى ، ويكفى أن الانسان  
سيعتمد على طاقة شمسية نظيفة ورخيصة ، بدلا من تلك  
الناجمة عن عملية الأكسدة الكيميائية للمعادن ، وما تتسم  
به من بطء وتكلفة باهظة ، أو عن عملية احتراق الوقود  
المستخرج من الأرض وما يستتبعها من تلوث .

فلتشرقى أيتها الشمس المبشرة \*\*\*





الجزء الثاني

# الكيمياء الحيوية



## الفصل السادس

### السم فى السالب

جلست أمس لأكتب المقال رقم ٣٢١ فى سلسلة مقالاتى لمجلة «الابداع والخيال العلمى» • وأسميت المقال « كم تبعد السماء » • ومضيت فى الكتابة باسترسال ، وأحسست بالغبطة للسهولة التى حالفتنى فى اعداد المقال حتى لكانه قد كتب نفسه • فنادرًا ما توقفت أو احتجت لاستجلاء شيء ، وكنت أسلى نفسى أثناء الكتابة بالصغير •

وعندما وصلت الى الصفحة الأخيرة وشرعت فى كتابة فقرات الخلاصة ، تساملت فى نفسى : لماذا أشعر فجأة أن ذلك مألوف لى ؟ هل سبق أن كتبت مقالة مشابهة ؟

واذا كان من أبرز صفاتى فى الواقع ، أنى شخص خجول ومتحفظ وعلى درجة فائقة من التواضع ، فإن هناك ميزة واحدة أشعر بشيء قليل من الفخر لتمتعى بها ، وهى أنى أمتلك ذاكرة أسطورية • فضغطت على زر استرجاع المعلومات ، وظهرت على شاشة ذاكرتى مقالة بعنوان « شكل الأبعد » • فتسلحت بالأمل فى ألا تكون ذاكرتى قد خانتنى وأخذت أبحث عن مزيد من التفاصيل ، فتبينت أنها المقالة رقم ١٨٢ ونشرت لأول مرة فى ديسمبر ١٩٧٣ • ووجدت هذه المقالة تتحدث أساسًا عما كتبت لعوى •

ومزقت على الفور ما أضعت معظم اليوم فى كتابته ، وفكرت وأنا ساخط ، ماذا عسائى أكتب ؟

ولم يتبادر الى ذهنى لوهلة سوى موضوعات تناولتها سابقًا • وكنت على وشك الانتهاء الى الحقيقة المفزعة وهى

أنى قد تناولت بالفعل كل ما يمكن أن يكتب • غير أن زوجتى  
العزيزة جانبى دخلت الى مكتبى فى هذه اللحظة والقلق باد  
على وجهها •

وتساءلت فى نفسى : ربه ، هل عرفت هذه المرأة الطيبة  
طباعى وتقلبأتى الى الحد الذى يجعلها تشمر بمأساتى  
— وجدانياً — وهى فى الجانب الآخر من المسكن •

ودمدت متوددا : « ماذا تريدین ؟ » •

فناولتنى بعض الأقراص قائلا : « لقد نسيت تناول  
فيتاميناتك اليوم » •

وكان من عادتى أن أرحب بمثل هذه المشاعر وأقابلها  
بزمجرة حانية وببعض التعليقات اللطيفة المقتضبة • ولكن  
فى هذه المرة انفجرت أسارىرى وقلت « أشكرك كثيرا  
يا عزيزتى » وابتلعت الأقراص السخيفة وأنا تملو وجهى  
ابتسامة عريضة •

أتدرون لماذا ؟ لقد اكتشفت اننى لم أكتب أية مقالة  
عن الفيتامينات !!

★★★

ولعلى أسلم بأن الانسان كثيرا ما يمانى من نقص فى  
الفيتامينات ، غير أن ذلك يحدث عادة فى حالة التعرض  
لنقص فى الغذاء أو لنظام غذائى رتيب صارم أو لكليهما معا ،  
كان يكون الشخص فى سجن أو فى مدينة محاصرة أو يعيش  
فى فقر مدقع •

وكان يعتقد بصفة عامة أن الناس فى هذه الحالة يموتون  
نتيجة الجوع ، أو بسبب واحد من الأمراض العديدة التى  
كانت تهدد الجنس البشرى • وكانت أسباب الوفيات هذه  
منتشرة فى قديم الزمان ، لا سيما لو كان المتوفى أو المحتضر

ينتمى لفئة المتشردين أو الخدم أو الفلاحين البسطاء او  
الشرائح الأخرى من الطبقات الدنيا فى المجتمع .

ولكن بمرور الوقت برز نوع جديد من الخطر يهدد  
المسافرين بحرا .

كان الغذاء على متن السفن فى العصور القديمة يتسم  
بصفة عامة بالتقيد ويضعف القيمة الغذائية وسوء المستوى .  
وبما أن التبريد لم يكن معروفا ، لم يكن ثمة مجال لأن يخزن  
فى السفن أى شئ قابل للتلف أو سريع التعفن ، وبالتالي  
كان غذاء البحارة فى البحر مقصورا على أصناف مثل بسكويت  
البحر ولحم الخنزير المملح ، وهى أصناف تتميز بقدرتها  
على البقاء سليمة لفترة طويلة ، حتى فى درجات الحرارة  
العادية ، دون التعرض للاصابة بأنواع البكتريا المختلفة  
الكامنة فى الغذاء ذاته .

ومن شأن مثل هذه الأصناف أن تمد البحارة بما يحتاجونه  
من طاقة ولكن لا شئ يذكر دون ذلك . غير أن السفر بحرا  
فى المصور القديمة والوسطى كان يتمثل الى حد كبير فى  
الابحار بمحاذاة الشواطئ مع تكرار التوقف ، مما كان  
يتيح للبحارة تناول الوجبات الغذائية الدسمة وبالتالي لم  
تكن ثمة مشكلة .

ولما شهد القرن الخامس عشر بداية عصر الاكتشافات  
بدأت الرحلات تطول وزادت فترات البقاء فى البحر . وفى  
عام ١٤٩٧ ، نجح الرحالة البرتغالى فاسكو داجاما ( ١٤٦٠ -  
١٥٢٤ ) فى أن يدور حول قارة أفريقيا ، وأن يتم أول  
رحلة بحرية بين البرتغال والهند ، وقد استغرقت الرحلة  
أحد عشر شهرا ، ولكن بنهايتها كان عدد من البحارة قد  
أصيبوا بداء الاسقربوط ، وتتمثل أعراضه فى تورم اللثة  
وتزيف الدم منها وتقلقل الأسنان وآلام فى المفاصل والوهن  
وسهولة الجرح .

ولم يكن ذلك بداء مجهول ، فقد كان يشكو منه من يتعرضون في أوقات الحرب لحصار طويل ، وقد ورد ذكره بصفة خاصة في كتب التاريخ ، وسجلت تعليقات عنه منذ الحملات الصليبية على أقل تقدير . ولكن كانت هذه هي المرة الأولى التي يظهر فيها هذا الداء في البحر .

وبالطبع لم يعرف أحد سببا للاسقربوط ، مثلما لم يكن أحد في ذلك الوقت يعرف سببا لأي مرض . ولم يكن يساور أحدا شك في أن العلة قد تكمن في الغذاء ، حيث كان الاعتقاد السائد أن الأكل هو الأكل ، ولو توقف فسوف يؤدي إلى الجوع ولا شيء غير ذلك .

واستمر الاسقربوط يبتلى ركاب البحر لمدة قرنين بعد عهد داجاما ، وكان الأمر خطيرا . فقد كان البحارة المصابون بهذا الداء يفقدون قدرتهم على العمل . وكانت السفن في مستهل العصر الحديث تحتاج طاقة عمل جبارة نظرا لسهولة تعرضها للغرق في مواجهة العواصف ، حتى لو كان كل أفراد طاقمها في كامل صحتهم ويعملون بجهد كبير .

ومع ذلك كانت هناك بوادر لامكانية مواجهة الاسقربوط .

وكان المكتشف الفرنسي جاك كارتييه ( ١٤٩١ - ١٥٥٧ ) قد أبحر ثلاث مرات الى أمريكا الشمالية فيما بين ١٥٣١ و ١٥٤٢ ، واكتشف خلال هذه الرحلات خليج سان لورنس ونهر سان لورنس ووضع حجر الأساس للهيمنة الفرنسية على ما يسمى اليوم بأقليم الكيبك . وخلال رحلته الثانية أمضى فصل الشتاء ١٥٣٥ - ١٥٣٦ في كندا . ولم يكن هناك شيء على السفينة ، بخلاف تلك الأصناف الضعيفة المعتادة ، يمين البحارة على مواجهة ذلك الفصل القارس ، حتى ان خمسة وعشرين من رجال كارتييه لقوا حتفهم نتيجة

مرض الاسقربوط ، علاوة على اصابة نحو مائة آخرين  
بالمعجز بدرجات متفاوتة .

وتقول الرواية ان الهنود كانوا يسقون مرضاهم ماء  
منقوعا فيه أبر الصنوبر ، وكان ذلك يأتي بنتيجة ملحوظة .

وحدث في عام ١٧٣٤ أن كان عالم نبات نمساوي يدعى  
ج . هـ . كرامر بين صفوف الجيش النمساوي أثناء حرب  
الخلافة البولندية . وقد لاحظ عند ظهور مرض الاسقربوط ،  
انه في الغالب يصيب ضباط الصف والجنود ، أما الضباط  
فيبدون بصفة عامة محصنين ضده . ولاحظ أن طعام الجنود  
مقصور على الخبز والبقول ، بينما يتناول الضباط  
الخضروات . وكان الضابط الذي يحجم عن تناول الخضروات  
يتعرض للاصابة بالمرض كما لو كان مرصودا له . وقد  
أوصى كرامر بادراج الخضروات والفاكهة ضمن طعام الجنود  
لمنع الاسقربوط ، ولكن لم يول أحد اهتماما بذلك ، فالأكل  
انما هو لسد الجوع !! .

وكان الاسقربوط يمثل مشكلة خاصة بالنسبة لبريطانيا  
العظمى ، حيث كانت تعتمد على أسطولها البحري للدود عن  
شواطئها وحماية تجارتها ، ولو أصاب المرض بحارتها في  
وقت حرج فقد تمجز القوات البحرية عن أداء مهامها .

وكان طبيب اسكتلندي يدعى جيمس ليند ( ١٧١٦ -  
١٧٩٤ ) قد التحق بالبحرية البريطانية ، وخدم فيما بين  
عامي ١٧٣٩ و ١٧٤٨ كمساعد جراح ثم كجراح . وقد  
سنت له بذلك فرصة ممتازة لملاحظة الظروف المفترقة التي  
يعيشها البحارة على متن السفن .

١١: ( كان صمويل جونسون يقول في ذلك الحين ان ما من  
أحد يخدم على متن سفينة الا ويؤثر عليها دخول السجن .  
فالسفن تحتوى على عدد من الغرف أقل من السجن ، والطعام  
فيها أسوأ ، والرفاق أحط ، فضلا عن التعرض للفسق .

وتفيد احصائيات الحرب في القرن الثامن عشر أن  
البريطانيين كانوا يفقدون نحو ثمانين فردا بسبب المرض  
أو الفرار مقابل كل فرد يقتل في الميدان) \*

وفي عام ١٧٤٧ اختار ليند ١٢ فردا من المصابين  
بالاسقربوط ( وكان هناك بالطبع الكثيرون منهم ) وقسمهم  
الى مجموعات من فردين ، وفرض لكل مجموعة نظاما غذائيا  
مختلفا باضافة بعض الأصناف . وكان من نصيب واحدة  
من المجموعات برتقالتان وحبة ليمون يوميا ولمدة الأيام  
الستة التي سمحت بها ظروف التعيينات ، وكانت النتيجة  
أن تماثل فردا هذه المجموعة للشفاء من المرض بسرعة مذهلة .

وكان عليه بعد ذلك مهمة اقناع قيادة الأسطول البريطاني  
بتزويد البحارة بالموالح بصفة منتظمة . وكانت مهمة تكاد  
تكون مستحيلة ، فالضباط ، كما نعلم جميعا ، لا يتسع  
أفقههم الا لفكرة واحدة جديدة طوال حياتهم (★) ، ويبدو  
أن القادة البريطانيين كلهم قد واثقت هذه الفرصة عندما  
كانوا في الخامسة من عمرهم أو نحو ذلك \*

أما الكابتن كوك ( ١٧٢٨ - ١٧٧٩ ) فقد نجح خلال  
رحلاته الاستكشافية في ألا يفقد سوى رجل واحد نتيجة  
الاصابة بالاسقربوط . فقد كان يتحين الفرص للتزود  
بالخضروات الطازجة ، كما أضاف بعضا من الكروت  
( الكربن المخمر ) والمليت ( الشعير المنقوع في الماء ) الى  
الوجبات . وقد اعتبر بطريقة ما أن سبب الوقاية يكمن في  
الكروت والمليت رغم أنه لم يكن لهما تأثير خاص ، وكان ذلك  
مثارا للبس \*

ثم قامت الثورة الأمريكية وتبعتها الثورة الفرنسية  
وبدأت الأزمة تستفحل . وشهد عام ١٧٨٠ (وهو العام الذي

---

(★) لقد تسببت هذه القولة في استيلاء أحد الضباط فيبحث لى برسالة غامضة  
واقول له ان هناك دائما استثناءات ولكن من الصعب الاعتماد اليها \*



سبق معركة الذروة في يوركتاون ، عندما قامت فرنسا ،  
في وقت عصيب ، بإحكام قبضتها على غرب الأطلنطي (مصرح  
٢٤٠٠ من البحارة البريطانيين أي ١/٣ من قوة الأسطول ،  
نتيجة الإصابة بالاسقربوط .

وفي عام ١٧٩٨ توقفت البحرية البريطانية تماما عن  
أداء مهامها عندما وقع تمرد جماعي في صفوف البحارة  
احتجاجا على المعاملة اللا انسانية التي يتعرضون لها . وكان  
أحد مطالب المتمردين اضافة عصير الليمون للوجبات .  
ولا يخفى على أحد أن البحارة العاديين لم يكونوا في الواقع  
يستمتعون بالإصابة بالاسقربوط ، بل لا يبحث على الدهشة  
القول بأنهم كانوا أصعب عقول سوية أكثر من قادتهم .

وقد قضى على التمرد بمزيج حكيم من الجزاءات البربرية  
والوعود البراقة بتنفيذ المطالب . ولما كان الليمون الوارد  
من حوض البحر الأبيض المتوسط مكلفا استقر رأي القيادة  
البريطانية على احضار أنواع الحمضيات من الهند الغربية .  
ولم تكن تلك الأنواع بنفس درجة فعالية الليمون ولكنها  
كانت أقل تكلفة .

وبذلك بدأ الاسقربوط في الانحسار بعد أن كان يشكل  
تهديدا رئيسيا للبحرية البريطانية ، غير أن ليند كان قد  
مات قبل أن يتذوق طعم الانتصار .

بيد أن ذلك الانتصار لم يممم وظل محليا ، حيث لم  
ينتشر استخدام الموالح ، وعلى مدى القرن التاسع عشر  
بأكمله استشرى مرض الاسقربوط على الأرض ، لا سيما  
فيما بين الأطفال الذين تجاوزوا مرحلة الرضاعة . ورغم  
ما شهده ذلك القرن من تقدم ضخم في مجال الطب إلا أن  
ذلك لم يكن في الاتجاه السليم لعلاج هذا الداء .

فمع نمو المعرفة في فرع الكيمياء الحيوية على سبيل  
المثال ، تبين أن هناك ثلاث فئات رئيسية للأغذية المضوية

وهي الكربوهيدرات والدهون والبروتينات . ولقد اتضح أخيراً أن الغذاء ليس بالضرورة مجرد أكل ، ولكن تختلف أنواعه بحسب قيمتها الغذائية . إلا أن أوجه الاختلاف انحصرت تماماً فيما يبدو في كمية البروتين الموجود في الطعام ونوعه ، ولم يسع العلماء إلى التعمق أكثر من ذلك .

علاوة على ذلك فقد شهد هذا القرن الاكتشاف العظيم لتأثير الكائنات الحية الدقيقة على الأمراض . وقد اكتسبت « نظرية الجراثيم » هذه قدراً هائلاً من الأهمية - حيث أدت إلى السيطرة على مختلف أنواع أمراض العدوى بدرجة من الفعالية جعلت الأطباء يتجهون بتفكيرهم إلى الربط بين كل الأمراض والجراثيم ، ومن ثم تراجع قليلاً احتمال أن يكون للغذاء دور في الإصابة ببعض الأمراض .

ولم يكن الاسقربوط هو المرض الوحيد الذي يداهم البحارة ويمكن مواجهته بالنظام الغذائي . ففي النصف الثاني من القرن التاسع عشر ، بدأت اليابان تطور نفسها على الطريقة الغربية وأخذت تتبوأ موقعها كقوة عظمى . وفي هذا الاطار شرعت بجدية فائقة في بناء أسطول حديث .

وكان اليابانيون يتناولون في طعامهم الأرز الأبيض والأسماك والخضروات ، ومن ثم لم تكن هناك مشكلة الاسقربوط ، ولكنهم سقطوا فريسة مرض آخر يعرف باسم « البري بري » ، وهو لفظ يعنى في اللغة السريلانكية « شديد الضعف » . وكان هذا المرض يسبب تلفاً في الأعصاب ويؤدى إلى ضعف في الأوصال وهزال ووهن وينتهى المآل للمريض إلى الوفاة .

وكان على رأس البحرية اليابانية في ذلك الحين قائد يدعى كانيهيرو تكاكى ، وقد أولى في الثمانينات من ذلك القرن اهتماماً كبيراً بهذا الأمر . ولاحظ تكاكى أنه ، بينما

يعصف البرى برى بثلك البحارة اليابانيين وقتما يظهرن ،  
يبقى الضباط على متن السفن يمتأى عن المرض ، وأن النظام  
الغذائى هنا أيضا مختلف •

وفى عام ١٨٨٤ قرر تكاكي ادخال قدر أكبر من التنوع  
على النظام الغذائى وازدافة بعض الاصناف البريطانية اليه ،  
فاستعاض عن جزء من الأرز بالشعير وازداف الى الوجبات  
بعض اللحوم واللبين المكثف • وكان من نتيجة ذلك أن قضى  
تماما على البرى برى • وأعزى تكاكي ذلك الى ازدافته  
مزيذا من البروتين الى الطعام •

ومرة أخرى توقف الأمر عند ذلك الحد ، تماما مثلما  
حدث قبل ذلك بقرن فى حالة ليند • واذا كان قد قضى على  
البرى برى - مثلما قضى على الاسقربوط - على متن السفن ،  
فقد إستمر فى استشرائه على الأرض مثل الاسقربوط أيضا  
ولا شك أنه من الأيسر نسبيا التحكم فى النظام الغذائى  
لمدد محدود من البحارة الذين لا يملكون سوى الطاعة  
والا تمرضوا لحساب عسير ، بينما انه مع المسير تغيّر النظام  
الغذائى للملايين من البشر ، لا سيما لو كان التغيير مكلفا ،  
وخاصة لو كان الناس يدبرون أمرهم بالكاد لايجاد أى شئ  
يسدون به جوعهم • ( ورغم التوصل الى سبب البرى برى  
والى أسلوب علاجه ، مازال هذا المرض يفتك حتى الآن بمائة  
ألف شخص سنويا ) •

• وكان البرى برى مستشرى فى بلاد الهند الشرقية  
( المعروفة الآن باسم أندونيسيا ) فى القرن التاسع عشر ،  
ولما كانت البلاد تحت الاحتلال الهولندى ، فقد أولى  
الهولنديون بالطعن اهتمامهم بهذا الأمر •

• وكان طبيب هولندى يدعى كريستيان أيكمان  
( ١٨٥٨ - ١٩٣٠ ) يخدم فى أندونيسيا ولكنه أعفى من  
الخدمة وأعيد الى بلاده اثر اصابته بالمalaria • ولما تماثل

أخيرا للشفاء وافق فى عام ١٨٨٦ على العودة الى هذا البلد  
على رأس فريق من الأطباء لدراسة مرض البرى برى وتحديد  
الطريقة المثلى لمقاومته \*

وكان ايكمان مقتنعا بأن البرى برى من أمراض العدوى  
ومن ثم جلب معه عددا من الفراريج على أمل أن يجمعها  
لتكاثر لاستخدامها كحيوانات تجارب \* وكان يفكر فى أن  
ينقل اليها عدوى المرض ، ثم يعزل الجرثومة ويدرسها ثم  
يعد مضادا لها ويحاول ايجاد العلاج الملائم لتجربته على  
المرضى من البشر \*

ولكن خطته لم تفلح حيث لم يستطع نقل العدوى  
للطيور ، ومن ثم عاد معظم أعضاء الفريق الطبي الى  
هولندا \* غير أن ايكمان بقى هناك وعمل رئيسا لمعمل  
البكتريا وواصل أبحاثه بشأن البرى برى \*

ثم حدث فجأة فى عام ١٨٩٦ أن أصيبت الدواجن  
بمرض أعجزها عن الحركة \* وكان واضحا أن المرض أصاب  
الجهاز العصبى ، وبدا لايكمان - الذى آثاره ذلك بشدة -  
أنه يماثل مرض البرى برى الذى يصيب الانسان ، فهو  
أيضا مرض يصيب الجهاز العصبى \*

وظن ايكمان أن العدوى انتقلت أخيرا للدواجن \* وعاد  
الى خطته ، فما عليه الا أن يرصد الجرثومة التى أصابت  
الجهاز العصبى فى الدواجن المريضة ، وأن يثبت أن المرض  
حدث بانتقال تلك الجرثومة الى الدواجن وقت أن كانت  
سليمة ثم يعمل على اعداد المضاد وهلم جرا \*

وباء كل ذلك بالفشل مرة ثانية ، حيث لم يعثر على  
آية جراثيم وبالتالي لم يستطع نقل العدوى \* والأغرب من  
ذلك أن المرض اختفى فجأة بعد حوالى أربعة شهور وتماثلت  
الدواجن للشفاء \*

وأخذ ايكمان - وقد اصابته حيرة شديدة وخيبة أمل  
بالثة - يفكر فيما عساه قد حدث ، واكتشف أن قبل تماثل  
الدواجن للشفاء مباشرة وصل الى المستشفى طاء جديد .

وكان الطاهى السابق قد أخذ على عاتقه فى وقت من  
الأوقات اطعام الفراريج ببقايا الأكل المقدم للمرضى فى  
المستشفى ، وكانت وجبات غنية بالأرز الأبيض المضروب -  
أى المنزوعة قشرته الضارية الى السمرة - ( وتمزى عملية  
ضرب الأرز الى أن القشرة تحتوى على زيوت قد تؤدى الى  
زنج الرائحة عند التخزين - أما الأرز المضروب الغالى مع  
الزيوت فيبقى صالحا للاستهلاك لفترة طويلة ) - وقد  
أصيب الدواجن بالمرض خلال فترة اطعامها بهذه البقايا .  
وعندما تولى الطاهى الجديد مهامه ، انزعج لفكرة  
استخدام نفس الأكل المقدم للانسان لاطعام الدواجن ، فقرر  
اطعامها بالأرز الأسمر الكامل بقشوره - وهذا هو ما أدى الى  
تحسن صحتها .

وعند ذلك تيقن ايكمان أن سبب الإصابة بمرض  
البرى برى وعلاجه يكمنان فى نوع الغذاء ، وأنه ليس  
بمرض جرثومى : ولابد أن هناك شيئا فى الأرز يؤدى الى  
الإصابة بالمرض وشيئا فى القشرة يؤدى الى الشفاء منه .  
ولا مجال لأن يتعلق ذلك الشيء بالمكونات الرئيسية ، حيث  
أن عناصر الكربوهيدرات والدهون والبروتين الموجودة فى  
الأرز ليست مضرّة فى حد ذاتها . لابد إذن أنه يكمن فى  
عنصر موجود بكمية ضئيلة للغاية .

· والمكونات الموجودة بمقدار ضئيل ومن شأنها أن تؤدى  
الى مرض الانسان ، بل والى قتله ، كانت بالطبع معروفة  
ويطلق عليها السموم . وانتهى ايكمان الى أن الأرز الأبيض  
يحتوى بشكل ما على سميات ، أما قشر الأرز فيحتوى على  
شيء يبطل مفعول السموم .

ومع أن تلك النتيجة تناقض الواقع . إلا أن فكرة احتواء الأغذية على مسحة من عناصر تؤدي إلى الإصابة بالأمراض أو الشفاء منها كانت مثمرة بشكل عجيب . وإذا كان ما توصل إليه ليندوتكاكي من نتائج يتسم بالأهمية إلا أنها لم تستمر ، بينما فتحت أبحاث ايكمان الباب على مصراعيه لمزيد من التجارب مما أسفر عن حدوث ثورة ضخمة في علم التغذية .

وقد نال ايكمان عن هذا العمل نصيبا من جائزة نوبل لعام ١٩٢٩ في علم الوظائف ( الفسيولوجيا ) والطب ، حيث تجلت في ذلك الوقت على نطاق واسع الطبيعة المباشرة للنتائج التي توصل إليها . غير أنه لم يتمكن مع الأسف من الذهاب إلى ستوكهولم لتسلم جائزته لمرضه الشديد ، ومات في العام التالي ، ولكنه على عكس ليند ، كان قد امتد به العمر حتى ذاق حلاوة انتصاره .

وكان ايكمان قد عاد إلى هولندا بمجرد أن توصل إلى اكتشافه الكبير ، غير أن زميلا له في العمل يدعى جيريت جرينز ( ١٨٦٥ - ١٩٤٤ ) بقي في أندونيسيا . وكان هو أول من أعلن التفسير الصحيح لما توصل إليه ايكمان . ففي عام ١٩٠١ ( العام الأول من القرن العشرين ) قدم مجموعة من الأدلة على أن السرس ( قشر الأرز ) لا يحتوي على شيء يقاوم السموم ولكنه يعتبر في حد ذاته عنصرا أساسيا لحياة الانسان .

وبمعنى آخر ، فالأرز الأبيض يؤدي إلى الإصابة بالمرض لأنه يحتوي على كمية ضئيلة من السموم ، ولكن لأنه لا يحتوي على مقدار ضئيل من عنصر حيوي . البري يرى إذن ليس مجرد مرض غذائي ولكنه مرض ينتج عن نقص غذائي .

ولقد كان ذلك بمثابة ثورة في التفكير ! فقد اعتاد الناس على مدى آلاف السنين على أن الانسان قد يلقي مصرعه

نتيجة وجود أثر من السموم ، أما الآن ، فيتعين عليهم لأول مرة أن يتقبلوا فكرة امكانية الوفاة بسبب نقص كمية ضئيلة من شيء ما . ولما كان ذلك « الشيء » نقيض السم ، ولما كان نقصه يعنى الموت ، فيمكن وصفه بأنه « سم فى السالب » .

وما أن استوعب الناس تلك الحقيقة حتى تبين أن البرى برى ليس بالمرض الوحيد الناجم عن نقص فى الغذاء . فالاسقربوط مثل جلى آخر له . وفى عام ١٩٠٦ أفاد عالم كيمياء حيوية انجليزى يدعى فردريك جولاند هويكنز ( ١٨٦١ - ١٩٤٧ ) بأن الكساح أيضا من الأمراض الناجمة عن نقص الغذاء . وقد نجح فى نشر نتائجه واقناع العاملين فى العقل الطبى بها بدرجة فائقة استحق عليها مشاركة ايكمان فى جائزة نوبل لعام ١٩٢٩ .

وفى عام ١٩١٢ أعلن عالم الكيمياء الحيوية البولندى كازيمير فانك ( ١٨٨٤ - ١٩٦٧ ) أن العصفار أيضا يتجم عن نقص فى التغذية ، فأصبح بذلك رابع مرض ينتمى لهذه الفئة من الأمراض .

وقد أصيب علماء التغذية بالضيق ازاء تلك المسألة المبهمة المتمثلة فى وجود أثر لعناصر فى الأغذية يتحكم فى حياة الكائنات الحية ، بما فيها الانسان . ان ذلك ليتناسب مع الأفكار الصوفية والروحانيات . أما ما يتحتم عمله فهو السعى الى عزل تلك العناصر ومحاولة تحديد ماهيتها ونوعية تأثيرها . ان ذلك كفيل بارجاع الأمور الى الكيمياء الحيوية الطبيعية الواقعية .

بمعنى آخر لا ينبغي أن يقتصر الأمر فى التعامل مع الأغذية على القول بأن « عصير الليمون يمنع الاصابة بالاسقربوط والأرز الأسمر يقى من البرى برى » . قد يكون هذا الكلام كافيا بالنسبة للعامة الذين يتعرضون - لو حادوا

عنه - للإصابة بهذه الأمراض ، ولكنه بالقطع ليس كافيا بالنسبة للعلماء \*

وكان عالم الكيمياء الحيوية الأمريكي المر فرنر ماکولم ( ١٨٧٩ - ١٩٦٧ ) هو أول من خطا خطوة الى أبعد من الأغذية في حد ذاتها - فبينما كان في عام ١٩٠٧ يبحث في أثر التغذية على الماشية بأن يغير من أصناف الأغذية ويحلل نفايات الحيوانات من عرق وبول وخلافه أزعجه وأحبطه كم العمل الذي ينتظره نتيجة تنوع الأغذية والنفايات ، وما يسفر عن ذلك من معدل بطيء في البحث ، فقرر أن يحاول أبحاثه الى حيوانات أقل حجما وأكثر عددا من أجل تعجيل الدراسة ، ثم يستفيد بعد ذلك بالنتائج ويطبقها على الحيوانات الكبيرة - مثلما فعل ايكمان من قبل باستخدامه الدواجن \*

واختار ماکولم حيوانات أصغر حتى من الدواجن ، وأعد أول مستعمرة للفئران البيضاء لاستخدامها في أبحاثه المتعلقة بالتغذية ، وهو اختيار مرعان ما قلده فيه كثيرون في سائر المجالات \*

وذهب ماکولم الى أبعد من ذلك ، فحاول تحليل الأغذية الى عناصر مختلفة كالسكر والنشويات والدهون والبروتين ثم قدمها بصور مختلفة كعناصر منفصلة وكتخليط غذاء للفئران البيضاء ، وأخذ يتابعها في أية حالة تنمو بشكل طبيعي ومتى يكون النمو بطيئا ومتى تظهر عليها أية أعراض غير طبيعية \*

وفي عام ١٩١٣ ، أثبت على مسبيل المثال أن اضافة مقدار ضئيل من الزبد أو من صفار البيض الى بعض الأغذية التي لا تؤدي في المعتاد الى نمو الفئران نموا طبيعيا ، من شأنها أن تعيد النمو الى معدله الطبيعي - ولم تكن الدهون وحدها هي التي أدت الى ذلك التأثير ، حيث تبين أن اضافة



أنواع أخرى من الدهون ، كدهن الخنزير أو زيت الزيتون ،  
إلى الأغذية لم يكفل المعدل الطبيعي للنمو .

لا بد إذن أن بعض الدهون دون غيرها تحتوى على مقدار  
ضئيل من عنصر ما يأتى بذلك المفعول . وفى العام التالى  
أعلن ماكولم أنه تمكن ، باستخدام عمليات كيميائية  
مختلفة ، من استخراج ذلك العنصر من الزبد ثم أضافه إلى  
زيت الزيتون ، وعندما أضاف زيت الزيتون بعد ذلك إلى  
غذاء الفئران أصبح نموها طبيعيا .

وشكلت تلك النتيجة دعما قويا لنظرية العناصر الطفيفة  
الضرورية للحياة ، وخلصتها من أية نزعات كهنوتية . وأيا  
كان ذلك العنصر ، فلا مفر من أن يكون عنصرا كيماويا ،  
أى يمكن معالجته بعمليات كيميائية .

والواقع أن الأنسجة الحية تتكون فى معظمها من الماء .  
وفى هذا الوسط المائى هناك بنيات صلبة تتكون من مواد غير  
عضوية ( العظام على سبيل المثال ) أو جزيئات غير قابلة  
للذوبان ( كالفضاريف مثلا ) . وعلاوة على ذلك هناك  
جزيئات عضوية ضئيلة يمكن للعديد منها أن تذوب فى الماء  
وبالتالى فهي موجودة على هيئة محلول .

ولكن بعض الجزيئات من الأنسجة الحية غير قابل للذوبان  
فى الماء . ويتصدر هذه الجزيئات الدهون والزيوت ، فهي  
تتعد مع بعضها وتظل منفصلة عن الماء . وهناك أيضا من  
هذه الجزيئات غير القابلة للذوبان فى الماء ما يمكن أن  
يذوب فى الدهون .

ومن ثم يمكن تجميع الجزيئات الضئيلة فى الأنسجة  
الحية فى مجموعتين . مجموعة قابلة للذوبان فى الماء ،  
ومجموعة قابلة للذوبان فى الدهون . ويمكن استخلاص  
العناصر القابلة للذوبان فى الماء من الأنسجة باستخدام

مزيد من الماء • أما العناصر القابلة للذوبان في الدهون فيمكن استخلاصها باستخدام المذيبات من قبيل الاثير أو الكلوروفورم •

ومن الواضح أن العنصر الطفيف الضروري للنمو ، والذي أشرنا آنفا الى أنه موجود في بعض الدهون دون غيرها ، هو من العناصر القابلة للذوبان في الدهون • ومن جهة أخرى فقد تمكن ماكولم من أن يثبت أن أيا كان ما يحتويه قشر الأرز ويقى من البرى برى ، فإنه يمكن استخراجه بالماء وبالتالي فهو قابل للذوبان في الماء • وتمثل تلك النتيجة في حد ذاتها برهانا على أن الأمر لا يقتصر على عنصر طفيف واحد شامل يكفل النمو الطبيعي ويمنع الأمراض ، ولكن هناك عنصرين على الأقل •

وإزاء عدم توافر أية معلومات عن بنية هذين العنصرين ، اضطر ماكولم الى استخدام الرموز للتمييز بينهما • وفي عام ١٩١٥ لجأ الى استخدام الحرف (أ) للدلالة على العناصر القابلة للذوبان في الدهون والحرف (ب) لتلك القابلة للذوبان في الماء ( مقديما بذلك اكتشافه الشخصى بدافع من النزعة الطبيعية لحب الذات ) •

وقد بدأ بذلك ، الاتجاه الى استخدام الحروف الأبجدية لتعريف العناصر الطفيفة الضرورية ، واستمرت تلك المادة على مدى ربع قرن ، الى أن تسنى معرفة تركيباتها الكيميائية على وجه الدقة فأطلقت عليها أسماء أخرى • وما زالت حتى الآن عملية التوصيف بالحروف مستخدمة ليس فقط بين عامة الناس ، بل ومن جانب علماء الكيمياء الحيوية وعلماء التغذية •

وفي هذه الأثناء كانت هناك محاولة أخرى للتسمية • كان فانك - الذى أشرنا اليه آنفا - يجرى في لندن أبحاثا عن هذه العناصر الطفيفة - وفي عام ١٩١٢ أوصلة نتائج

تحليلاته الكيميائية الى الاقتناع بأنه آيا كان العنصر الطفيف الذى يحول دون الاصابة بمرض البرى برى ، فلا بد أنه يحتوى ضمن تركيبته الكيميائية على مجموعة ذرية تتكون من ذرة نيتروجين وذرتى هيدروجين  $(NH_2)$  • وترتبط هذه المجموعة كيميائيا بالأمونيا  $(NH_3)$  ومن ثم أطلق عليها الكيميائيون اسم « الأمين » (amine) • وقد كان الصواب حليفا لفانك فى هذه النتيجة •

ثم ذهب فانك بتفكيره الى انه لو كان هناك أكثر من نوع من هذه العناصر الطفيفة ، فالأرجح انها ستنتهى كلها الى نوع أو آخر من « الأمينات » • ( وقد جانبه الصواب فى ذلك ) • ولهذا السبب أطلق على العناصر الطفيفة فى مجموعها « فيتامينات » « vitamines » وهى كلمة تعنى فى اللاتينية « أمينات الحياة » •

ولكن لم تكد تمر سنوات معدودة حتى تجمعت البراهين على أن بعض العناصر الطفيفة اللازمة للحياة لا تحتوى فى تركيبها الكيميائية على مجموعة أمينية ، وبالتالي لا ينطبق عليها اسم « الفيتامين » • غير أن العلوم تنطوى على حالات عديدة من هذا القبيل ، حيث لا يكون ثمة مفر فى المعتاد من استمرار استخدام الاسم الخطأ ، لا سيما لو كان قد انتشر على نطاق واسع فى الكتابات العلمية وفى الاستخدامات الشائعة الأخرى بحيث يصعب الفاؤه • ( فاسم الاكسجين على سبيل المثال اسم غير صحيح ولكنه ظل معروفا بهذا المعنى لمدة تفاهز قرتين ، فما العمل ؟؟ ) •

غير أن عالم الكيمياء الحيوية الانجليزى جاك ميسل دروموند ( ١٨٩١ - ١٩٥٢ ) اقترح فى عام ١٩٢٠ أن يلغى على الأقل حرف ال « e » الموجود فى نهاية الكلمة حتى لا يشتربى ذلك الخطأ فى استخدام كلمة « amine » وقد لقي ذلك الاقتراح ترحيبا سريعا ، وأصبحت العناصر الطفيفة

تُعرف باسم «vitamins» بدون الـ «c» الأخيرة ، واستمر ذلك الاسم ساريا منذ ذلك الحين .

وبناء على ذلك أطلق على العناصر (أ) القابلة للذوبان في الدهون اسم «فيتامين (أ)» (Vitamin A)  
وعلى العناصر (ب) القابلة للذوبان في المياه اسم «فيتامين ب» (Vitamin B) وسوف أتناول في الفصل القادم قصة ما يمكن أن نسميه اليوم فيتامينات .

## الفصل السابع

### اقتفاء الأثر

كان والدى رجلا متسلطا فى آرائه • ولما لم يكن قد نال من التعليم الا دراسة مستفيضة لليهودية والتوراة وتشريعاتها واللاهوتية ، فقد كان يعتمد على الفطرة والبديهة • وكثيرا ما كان يقوده ذلك بالطبع الى الخطأ ، ولكنى أدركت فى مستهل حياتى أنه ما أن يكون رأيا فمن المستحيل تحت أى ظرف أن يغيره — الا لو حدث بالمصادفة أن كان الرأى سديدا منذ الوهلة الأولى •

وأذكر ذات مرة أنه كان يشن هجوما ضاريا على ما تنطوى عليه « لعبة المقامرة بالأرقام » من شرور وخطيئة ، وذلك فى إطار أسلوبه اللاذع سميا الى أن يعصم ابنه وأمله الواعد ، من التردى فى هوس القمار الذى لا يقاوم • ( ولم يفلح فى ذلك أبدا ) •

واستمتعت اليه لفترة ، ثم فكرت فى أن أوقفه قليلا ، فقلت له : « أعلم يا أبى • فأنت تختار عددا من ثلاثة أرقام وهناك ألف من التباديل والتوافيق ، ومن ثم ففرصتك فى اختيار العدد الصحيح واحد فى الألف ، ولكنك لا تحصل الا على ستمائة لواحد لو كسبت • وذلك يعنى أنك لو لعبت ألف عدد ، ودفعت دولارا لكل عدد ، فأنك تكون قد دفعت ألف دولار ، ومع ذلك فليس هناك سوى فرصة فوز واحدة وتربح فيها ستمائة دولار فقط ، والباقى يذهب لمنظمى اللعبة » !

فقال والدى : « ان فرص الفوز » أقل « من واحد فى  
الألف » .

فقلت : « لا يا أبى ، هب أن هناك ألف شخص ، وكل  
واحد يختار عددا مختلفا عن الآخر من ٠٠٠ الى ٩٩٩ .  
وسوف يكون الفوز من نصيب واحد منهم فقط . - الفرصة  
اذن واحد فى الألف » .

فقال منتشيا : « واضح أن ابنى بذلكه يقدم برهانا  
ان ما تقوله صحيح لو أن كل شخص سيختار عددا مختلفا  
عن الآخرين ، ولكن من قال انه سيختار عددا مختلفا ؟ كل  
واحد سيختار العدد الذى يريده ، وماذا لو لم يوفق أحد الى  
اختيار العدد الصحيح ؟ وهذا ما يجعل الفرصة أقل من واحد  
فى الألف » .

فقلت : « لا يا أبى ، فان هذا الاحتمال يقابله احتمال  
أن يوفق أكثر من شخص فى الاختيار السليم » .

ورمقنى والدى فى استنكار وقال : « اثنان-يختاران  
العدد الصحيح ؟ مستحيل ! » ، ووضع ذلك نهاية للجدل .

ولملى أقول ان المدخلات والمخرجات فى نظرية الاحتمالات  
مسألة ليست ببسيرة حتى على المتمرسين فى الرياضيات .

وتحضرنى واقعة أخرى حدثت بعد أن بدأت دراسة  
منهج التحليل الكمي ، وكنت أشرح لوالدى طبيعة التوازن  
الكيميائى ومدى ما يتسم به من دقة بالغة ، فقد يتوقف  
الأمر على جزء من الميليغرام بفرض أن تتسم المعايرة والميزان  
بالدقة - والميليغرام لا يزيد على ثلاثين من الألف من  
الأونس .

وهز أبى رأسه مبتكرا وقال : « ان هذا لسخف ! من  
سيزن مثل هذا المقدار الضئيل ؟ انه له يؤثر فى شيء » .

مقدار نختين من الألف من الأونس من أى شيء لا يمكن ان يكون له أهمية » .

ولم افلح فى اقتناعه أبدا بأهمية الدقة البالغة فى العمليات التحليلية .

وهذا يعيدنا الى موضوع الفصل السابق وهو الفيتامينات .

لقد توقفنا فى الفصل السابق عند تسمية اثنين من العناصر الطفيفة ( وهى العناصر اللازمة للحياة بكميات طفيفة للغاية ) وهما فيتامين أ وفيتامين ب ، وقلنا ان الفيتامين أ قابل للذوبان فى الدهون بينما الفيتامين ب يذوب فى الماء . وإذا كانت الفئة القابلة للذوبان بشكل مطلق من العناصر الموجودة فى الجسم اما تذوب فى الماء أو تذوب فى الدهون ، ألا يكون من الأسر وجود فيتامين واحد من كل نوع ولا شيء غير ذلك ؟ ولكن يبدو أنه من الشطط التفكير فى أن تكون الأمور بمثل هذه البساطة .

من هذا المنطلق ، فان الفيتامين ب سوف يمنع الإصابة بمرض البرى برى ، أو سوف يقضى الى الشفاء منه سريما فى حالة الإصابة فعلا ، ولكن لن يكون له تأثير على الاسقربوط . ومن ناحية أخرى هناك شيء فى عصير البرتقال يمنع الإصابة بالاسقربوط أو يشفى منه ، ولكن لا علاقة له بالبرى برى . وقد أطلق دروموند ( الذى اقترح حذف حرف ال « e » من كلمة Vitamine ) على المنصه الطفيف الموجود فى عصير البرتقال « فيتامين ج » ( Vitamin C ) .

ورغم أن الفيتامين ج ، شأنه فى ذلك شأن الفيتامين ب ، قابل للذوبان فى الماء ، الا أن الاثنين يختلفان عن بعضهما بشكل ما ، فكل منهما يقى ويشفى من مرض يختلف عن الآخر .

وبعد ذلك نجحت مجموعة من اخصائى التغذية فى

جامعة جوتز هوبكنز في عام ١٩٢٢ في ان تثبت انه يمكن الوقاية ضد مرض الكساح أو الشفاء منه ، بائباع نظام غذائى معين . وذلك يعنى أن بعضا آخر من الأغذية يحتوى على عنصر طفيف جديد أطلق عليه « فيتامين د » (Vitamin D) . وتبين أن هذا الفيتامين ، شأنه فى ذلك شأن الفيتامين أ ، قابل للذوبان فى الدهون ، ولكن ، وللمرة الثانية ، يختلف الاثنان عن بعضهما بشكل ما ، فكل منهما يكافح مرضا يختلف عن الآخر .

وكانت الفيتامينات فى ذلك الحين عناصر تبعث على الاحباط لما كانت تتسم به من « غموض » . فلو أن أحدا حلل أحد الأغذية المعروفة باحتوائها على نوع من الفيتامينات ، وأرجعه الى عناصره الأصلية ونقاها كيميائيا ، فسوف يكتشف انه ما من واحد من مركبات هذا الغذاء يؤثر على المرض ، حتى لو أضيفت تلك المركبات بنسبة مائة فى المائة الى الأغذية ، ومن ثم فليس بينها أى فيتامين . فهل الفيتامين شيء غير مادى ؟ أم تراه مركبا كيميائيا عاديا ولكن موجودا بمقدار ضئيل للغاية ؟

وبالطبع لو أن هناك أدنى احتمال لأن يكتنف « الغموض » شيئا حيويا يتعلق بالصحة ، فسوف يفسح ذلك المجال لكل أنواع الدجل أو الاحتيال للايقاع بعامة الناس .

ولما كانت الفيتامينات تكتسى درجة من الأهمية لا يتناسب معها مطلقا ترك الأمور تفوص فى ظلمات الغموض ، فقد كانت هناك ضغوط شديدة تمارس على علماء الكيمياء الحيوية لتحديد نوعية الفيتامينات كمركبات ذات طابع خاص ولا تختلف فى طبيعتها عن أى مركب آخر . بمعنى آخر ، المطلوب « اقتفاء أثر العناصر الطفيفة » .

ولكن ما السبيل الى ذلك ؟ هب اتنا آتينا بعصير برتقال ثم أضفنا اليه عنصرا كيميائيا من شأنه أن يتحد مع نوعية من الجزيئات فى العصير فيكون مادة غير قابلة للذوبان ،



وتبقى الجزيئات الأخرى في العصير على هيئتها كمحلول .  
ولو فصلنا تلك المادة غير القابلة للذوبان عن المحلول ، فسنجد  
أننا أمام سؤال : هل الفيتامين ج موجود في المادة المستخرجة  
أم نيمّا تبقى في العصير ؟

كيف نرد على هذا السؤال ؟ ان أفضل طريقه تتمثل في  
تعميرض كائنات حية لنظام غذائي لا يحتوى على فيتامين ج  
الى ان تصاب بمرض الاسقربوط ، وعندئذ يقسم النظام  
الغذائي الى قسمين بحيث يضاف الى الأول المادة غير القابلة  
للذوبان والى الثانى المحلول المتبقى في العصير ، ثم يقدم  
كل قسم الى مجموعة من الكائنات الحية المصابة - والنظام  
الغذائي الذى يسفر عن الشفاء من الاسقربوط ( لو حدث  
ذلك ) هو الذى يحتوى على فيتامين ج .

غير أن الأمر ليس بهذه الدرجة من السهولة !  
فالاسقربوط من الأمراض التى يمكن تهيئة فرصة إصابة  
الانسان به ، لا سيما بين الأطفال الصغار ، لكن ليس من  
المقبول اتخاذ الأطفال حقول تجارب - لابد اذن من الاستمانة  
بحيوانات للحصول على المعلومات اللازمة .

ولكن يبعث على الأسف أن الحيوانات بصفة عامة تعد الى  
درجة كبيرة أقل تعرضا للإصابة بالاسقربوط من الانسان .  
فالأنظمة الغذائية التى من شأنها أن تؤدى سريعا الى إصابة  
الانسان بهذا المرض لا تشكل أية خطورة على الحيوانات .

بيد أنه بحلول عام ١٩١٩ ، تبين أن هناك نوعين من  
الحيوانات التى يمكن تهيئة فرصة إصابتها بالاسقربوط .  
ويتضمن النوع الأول مختلف أنواع القرود ، فهى حيوانات  
على درجة من القرب من الانسان فى شجرة التطور بحيث  
تتأثر بنفس درجة تأثر الانسان بوجود الفيتامين ج أو بعدم  
وجوده . ولكن ثمة مشكلة تكمن فى أن القرود حيوانات  
باهظة التكاليف ولا يسهل تناولها .

أما الخنازير العينية ، فقد اتضح لحسن الحظ انه يمكن استخدامها لهذا الغرض حيث انها قابلة للإصابة بالاسقربوط ، بل انها تفوق الانسان في درجة استمدادها الطبيعي للإصابة به ، فضلا عن انها رخيصة التكاليف ويسهل التعامل معها .

وقد أتاح استخدام « حيوانات التجارب » الفرصة لتحديد نوعية الأغذية التي تحتوى على فيتامين ج وتلك التي لا تحتوى عليه ، بل أمكن تحديد مقدار ما يحتويه نوع معني من الاغذية من ذلك الفيتامين ، كما أمكن بهذه الطريقة معرفة بعض خصائص الفيتامين ج ومن بينها أنه يتبدد سريعاً بالتعرض للتسخين أو للأكسجين .

ومن أهم النتائج التي تم التوصل إليها هو امكان معالجة مصادر الفيتامين ج كيميائياً للوقوف على مقدار ذلك الفيتامين في مختلف مركبات المادة الغذائية ، وبالتالي أمكن تحضير بعض المركبات التي تحتوى على فيتامين ج بدرجة تركيز تفوق ما تحتويه أية مادة غذائية طبيعية .

وبحلول عام ١٩٢٩ ، تمكن عالم الكيمياء الحيوية الأمريكى تشارلز جلين كينج ( ١٨٩٦ - ) ومساعدوه من انتاج مستحضر صلب يحتوى الجرام منه على مقدار من فيتامين ج يفوق ما يحتويه لتران من عصير الليمون .

وفي هذه الأثناء ، كان هناك عالم كيمياء حيوية مجرى يدعى ألبرت زنت جيورجى يعمل بجد ونشاط ( وهو فى التسعين من عمره ) فى إنجلترا ، ويبحث فى « تفاعلات الأكسدة والاختزال » ، واكتشف أن الخلايا الحية تحتوى على بعض المركبات التي تميل الى اطلاق زوج من ذرات الهيدروجين ( بما يكافئ عملية « الأكسدة » ) بينما هناك مركبات أخرى لديها استعداد لأن تستقبل زوجاً من ذرات الهيدروجين ( بما يكافئ عملية « الاختزال » ) .

وقد نتصور وجود بعض المركبات الوسيطة التي من شأنها القيام بدور مساعد في هذه التفاعلات أي لديها القدرة على التقاط ذرتي هيدروجين من الجزيء «أ» ونقلهما إلى الجزيء «ب» ، ثم تلتقط ذرتين أخريين وتنقلهما وهلم جرا . ويطلق على مثل هذه المركبات الوسيطة اسم « ناقلات الهيدروجين » \*

ولما كانت عمليات الأكسدة والاختزال تعد حيوية بالنسبة للخلايا الحية ، فإن ناقلات الهيدروجين تكتسب أهمية كبرى ومن ثم فهي تستحق الدراسة \*

وفي عام ١٩٢٨ نجح جيورجى فى أن يعزل من الفضة النظرية ( فوق الكلية ) مركبا نشيطا ناقلا للهيدروجين . ورغم أن التفاعلات الكيميائية لهذا المركب أظهرت صلته بالسكريات ، فإنه يحتوى فى أحد أطراف الجزيء على مجموعة حمضية بدلا من المجموعة الكحولية . وكانت الأنواع المختلفة من الجزيئات المتصلة بالسكريات معروفة لدى علماء الكيمياء الحيوية باسم « الأحماض البولية » (uronic acids) ولم يكن بوسع جيورجى فى بداية الأمر إلا أن يقول ان المركب الذى عزله يحتوى على ست ذرات كربون فى الجزيء ، وأطلق عليه اسم « الحمض البولى السداسى » \*

وفى هذه الأثناء ، واصل كينج أبحاثه بشأن مادة الفيتامين « ج » المركز الى أن تمكن فى عام ١٩٣١ من تصنيعه فى صورة مادة بلورية نقية تتميز بدرجة تأثير حتى ان اضافة نصف جرام من هذه المادة يوميا الى غذاء الخنزير الثينى كانت كفيلة بوقايته من الاسقربوط . وبدأ أن هذه البلورات ما هى إلا الفيتامين « ج » ذاته ، بمعنى آخر أتى اقتفاء الأثر بنتيجته وأصبح الفيتامين عنصرا ماديا ملموسا \*

ولقد تبين بدراسة هذه البلورات أنها هى نفس المركب الذى أسماه جيورجى « الحمض البولى السداسى » \* ومن ثم

يبدو أن جيورجي كان أول شخص ينجح في عزل الفيتامين « ج » وأن كينج كان أول شخص يكتشف أن هذا هو الفيتامين « ج » ، أي أنهما يتقاسمان بصفة عامة براءة الاكتشاف .

وبعد أن اكتشفت طبيعة « الحمض البولي السداسي » أعاد جيورجي في عام ١٩٣٣ تسميته باسم « الحمض الاسقريبي » (ascorbic acid) ، وهو اسم مشتق من اليونانية بمعنى « لا اسقروطلي » وظل ذلك هو اسمه العلمي رغم استمرار استخدام اسم الفيتامين « ج » بالنسبة للعامة .

وما أن أمكن عزل كمية وفيرة من ذلك الحمض ( لا سيما بعدما اكتشف جيورجي أن الفلفل الأحمر غني به ) حتى توصل الكيميائيون سريعا الى تركيبته الكيميائية الدقيقة حيث تبين أن كل جزيء منه يحتوى على عشرين ذرة تنقسم الى ست ذرات كربون ، وثمانى ذرات هيدروجين ، وست ذرات أكسجين .

وحتى قبل أن يكتمل التعرف على البنية الدقيقة للحمض الاسقريبي كان قد تم اكتشاف طرق لتخليقه صناعيا ، ويتميز الحمض الاسقريبي الصناعي بأن له نفس درجة فعالية الفيتامين الطبيعي ، فالجزيئات متماثلان تماما ولا سبيل للتمييز بينهما . وبعد ذلك صار بالإمكان انتاج ذلك الحمض بالأطنان اذا لزم الأمر .

ولقد كان من شأن عزل الحمض الاسقريبي وتحديد بنيته ثم انتاجه صناعيا أن أزال أي « غموض » يكتنف الفيتامينات . فالحمض الاسقريبي ما هو الا جزيء مثل سائر الجزيئات ، يتكون من ذرات مثل كل الذرات ويخضع للدراسة والتحليل وفقا للقوانين الكيميائية العادية . وبما أن واحدا من الفيتامينات صار خاضعا لعلم الكيمياء ، ليس من المنطق أن ينسحب ذلك على الكل ؟

ولقد حدث ذلك بالفصل حيث أمكن التوصل لسلل التركيبات الجزئية لكافة أنواع الفيتامينات المعروفة .

وبديهي أن الكيميائيين كانوا يواصلون أبحاثهم بشأن الفيتامين «ب» ، وأن اتضح أنها أيسر بشكل ما من الدراسات المتعلقة بالفيتامين «ج» - فبما أن جزئ الفيتامين «ب» يعد أكثر صلابة من نظيره في الفيتامين «ج» ، فهو أكثر مقاومة للتحلل عند التعرض للحرارة أو الأكسجين ، وبالتالي أمكن استخدام طرق كيميائية عديدة لعزله دون أن يتعرض لتلفيات تذكر .

علاوة على ذلك فإن معظم الحيوانات تتأثر بدرجة كبيرة لنقص الفيتامين «ب» قياسا بالمعدن الضئيل نسبيا من الحيوانات التي تتأثر لنقص الفيتامين «ج» . فلقيد كان مرض الدجاج ، كما ذكرنا في الباب السابق ، هو مفتاح وقاية الإنسان وشفائه من البرى برى . بل ثبت أن الفئران البيضاء أكثر ملائمة للتجارب بالنسبة للفيتامين «ب» من الخنازير الفينية .

وكان من نتيجة ذلك أنه لم يكند يحل عام ١٩١٢ حتى نجح «فانك» في أن يستخرج من الخميرة خليطا بلوريا خاما يحتوى على درجة تركيز ملموسة من الفيتامين «ب» .

وبحلول عام ١٩٢٦ ، أمكن تحضير الفيتامين «ب» المركز بدرجة نقاء عالية وأظهرت النتائج الأولية لمحاولات تحليل كميات ضئيلة من هذا المستحضر المركز ، أن الجزئ من الفيتامين «ب» يحتوى على عناصر الكربون والهيدروجين والأكسجين ( مثل كل الجزئيات العضوية تقريبا ) علاوة على النيتروجين ( مثل جانب كبير منها ) . وواصل علماء الكيمياء الحيوية بعد ذلك محاولاتهم من أجل الحصول على مركز الفيتامين «ب» بدرجة نقاء أعلى وبكميات أكبر .

وفي عام ١٩١٢ أعلن الكيميائي الياباني س. أوداكي،  
 اثر تحليل كمية ضئيلة للغاية من مادة الفيتامين « ب » ،  
 اكتشاف ذرات كبريت في هذه المادة . ولم يكن ذلك باكتشاف  
 غير مسبوق حيث كان معلوما أن ذرات الكبريت موجودة في  
 معظم جزيئات البروتين ، ولكنها كانت الأقل شيوعا من بين  
 أنواع الذرات الخمس الموجودة غالبا في جزيئات الخلايا  
 الحية وهي ذرات الكربون والهيدروجين والأكسجين  
 والنيتروجين فضلا عن الكبريت . واثّر ذلك الاكتشاف أطلق  
 على الفيتامين « ب » اسم « ثيامين » (thiamin) حيث ان الجزء  
 الأول من الكلمة « thi » مستمد من اللفظ اليوناني « theion »  
 ويعني عنصر الكبريت .

وأخيرا ، وفي عام ١٩٣٤ ، نجح الكيميائي الأمريكي  
 روبرت رولنز ويليامز ( ١٨٨٦ - ١٩٦٥ ) وزملاؤه في  
 تطوير طريقة تنقية الثيامين لدرجة الحصول على عينة  
 نقية تماما ، غير أنهم لم يستخرجوا بهذه الطريقة سوى  
 خمسة جرامات ثيامين من طن كامل من قشر الأرز غير  
 المضروب .

ومع ذلك فقد أمكن التعرف بدقة على البنية الذرية  
 للفيتامين « ب » . وللتأكد من صحة هذه النتائج أحضر  
 ويليامز مركبات بسيطة معلومة البنية ، وعمل على دمجها  
 بواسطة تفاعلات كيميائية ذات نتائج معروفة ، وتوصل الى  
 تخليق مادة ينبغي - لو كانت التحاليل سليمة - أن يتطابق  
 تركيبها مع جزيء الثيامين . وقد تطابق بالفعل المركب  
 الصناعي مع جزيء الثيامين ، حيث ثبت أن له نفس الخصائص  
 الكيميائية ، ونفس التأثير الوقائي والعلاجي بالنسبة لمرض  
 البرى برى .

ويعتوى جزيء الثيامين على حلقتين من الذرات يربط  
 بينهما جسر من ذرة واحدة . وتتصل بكل حلقة سلسلة

جانبية صغيرة من الذرات • غير أننا نود بصفة خاصة تسليط الضوء على هاتين الحلقتين •

تعد حلقات الذرات من التركيبات الشائعة في المركبات العضوية ، وهي تتكون على الأرجح من خمس أو ست ذرات • وغالبا ما تكون الذرات الخمس أو الست كلها في الحلقة ذرات كربون ، ولكن قد يتصادف أن تكون واحدة أو اثنتان من ذرات الحلقة من عنصر النيتروجين أو الأكسجين أو الكبريت • وتوصف الحلقات التي تحتوي على ذرات غير الكربون بأنها « حلقية متغايرة » (heterocyclic) •

وتنتمي كلتا الحلقتين في جزئ الثيامين لهذا النوع الحلقي المتغاير ، حيث تحتوي الحلقة الأولى على ست ذرات منها اثنتان نيتروجين ، بينما تحتوي الحلقة الثانية على خمس ذرات منها واحدة نيتروجين وأخرى كبريت •

وكان الكيميائيون قد اكتشفوا أثناء محاولات تنقية مادة الفيتامين « ب » نواتج جزئية تتسم فيما يبدو بقيمة غذائية مهمة ، ومع ذلك ليس لها تأثير على مرض البري بري • وبعد الحصاد من الأمراض الناجمة عن نقص التغذية ، ومن أبرز أعراضه جفاف الجلد وتشققه • وقد ثبتت بتشكيل حاسم عام ١٩١٥ علاقة هذا المرض بالنظام الغذائي ، ويرجع الفضل في ذلك إلى الفيزيائي الأمريكي التمساوى الأصلى جوزيف جولدر برجر ( ١٨٧٤ - ١٩٢٩ ) •

وكانت المعلومات بشأن الفيتامينات قد توافرت في ذلك الوقت بدرجة تسمح بأن تبدأ على الفور الأبحاث حول تأثير النواتج الجزئية النقية كمغذيات غذائية مضادة لمرض المضاف • وقد بدا في مطلع الأمر أن العناصر الشافية لمرض البري بري يمكنها أيضا أن تبرى مرضى الحصاد ، ولكن مع تحليل هذه النواتج الجزئية تبين أنها غير نقية بدرجة كافية بما يعزى

الى احتمال وجود أكثر من نوع من الفيتامينات في هذه  
النواتج .

وفي عام ١٩٢٦ نجح العلماء في تخليص المركب المركز  
من التأثير المضاد للبري بري ، وذلك بتسخينه الى درجة حرارة  
عالية دون المساس بالتأثير المضاد للحصاف . ويتبدى من هذه  
النتيجة أن المركب يتكون من نوعين من الفيتامينات ، أحدهما  
يكون من جزيئات أكثر مقاومة للحرارة ( ومن ثم أبسط  
في تركيبها ) من مثيلتها في الفيتامين الآخر .

وفي عام ١٩٣٨ ، بدأ الكيميائي الأمريكي كونراد  
أرنولد ألفهايم ( ١٩٠١ - ١٩٦٢ ) سلسلة من الأبحاث  
أوصلته الى محاولة استخدام عنصر بسيط لعلاج الكلاب من  
مرض «اللسان الاسود» ، وهو مرض شديد الشبه بالحصاف .  
وتبين أن جرعة واحدة دقيقة كانت كافية لاجداث تحسن  
سريع وملسوس في حالة الكلاب . لا شك أنه اذن هو  
الفيتامين .

وكانت جزيئات هذا العنصر مكونة من حلقة واحدة  
بها ست ذرات ( خمس ذرات كربون وذرة نيتروجين ) ،  
ومتصل بها عدد من ذرات الهيدروجين ، علاوة على مجموعة  
حمضية كربونية صغيرة واحدة . وكان قد تم عزل هذا  
العنصر لأول مرة من الخلايا الحية في عام ١٩١٢ ، دون علم  
بالطبع بخاصيته الفيتامينية . وكان كيميائي يدعى  
ك . هوبر قد نجح قبل ذلك بكثير ، في عام ١٨٦٧ ، مه  
تحضيره معمليا .

بدأ هوبر أبحاثه باستخدام النيكوتين الموجود في التبغ .  
ويتكون جزيء النيكوتين من حلقتين مغايرتين ، تتكون  
احدهما من خمس ذرات والاخرى من ست ذرات . وكانت  
واحدة من ذرات إحدى الحلقتين متحدة مع ذرة في الحلقة  
الأخرى . وقد عمل هوبر على تدمير الحلقة المكونة من خمس  
ذرات ، تاركا ذرة الكربون المتحدة مع الحلقة الأخرى ،  
١٣٦



ومحولا تلك الذرة الى مجموعة حمضية ، وأطلق على ذلك المركب اسم « الحمض النيكوتينى » .

وعندما يتعرض مركب عضوى لتغير جوهري ، فليست هناك بالضرورة أية علاقة بين خصائص المركب الناتج والعنصر الأصلي . وإذا كان النيكوتين عنصرا شديدا السمية، فإن الحمض النيكوتينى يعد نسبيا خاليا من الأضرار . والواقع أن نسبة ضئيلة للغاية منه تعتبر أساسية للحياة . وما الحمض النيكوتينى الذى حضره هوبر الا المركب الذى أثبت ألفهايم أنه الفيتامين المضاد للحصاف .

وخشية أن يقع العامة فى خطأ الخلط بين النيكوتين والحمض النيكوتينى ، فيندفعوا الى التدخين أو الى زيادة معدلة سميا الى الوقاية من الحصاف ، لجأ الفيزيائيون الى إطلاق اسم مختصر « لفيتامين الحمض النيكوتينى » (nicotinic acid vitamin) حيث استخدموا أول حرفين فى كل من الكلمة الأولى والثانية وآخر حرفين فى الكلمة الثالثة فأصبح الاسم « نياسين » ، وهذا هو الاسم الشائع حاليا لذلك الفيتامين .

وقد أسفرت نفس الطرق ، التى أدت الى عزل المركبات المركزة المحتوية على الثيامين والنياسين ، عن انتاج كميات صغيرة من عناصر أخرى تعد ضرورية للحياة .

وواصل علماء التغذية والكيمياء الحيوية أبحاثهم على الفئران وحيوانات التجارب الأخرى حيث كانوا يطعمونها بأغذية نقية خاصة لا تحتوى الا على الفيتامينات المعروفة والمواد غير العضوية ، وعندما تظهر على الحيوانات أية أعراض غير طبيعية كانوا يحاولون ايجاد الغذاء الذى يصلح من ذلك الغلغل ، ثم يبحثون فى هذا الغذاء عن المركب الذى يمكن أن يكون الفيتامين المنشود .

ومع الوقت ، أظهرت عملية استخراج الفيتامين « ب »

من الأغذية وجود عائلة كاملة من المركبات القريبة من بعضها وكلها قابل للذوبان في الماء ، وكلها يحتوى على حلقات مغايرة ، وكلها ضرورية للحياة ولكن بكميات ضئيلة للغاية . وأطلق على هذه العائلة اسم « فيتامين ب المركب » . وقبل التوصل الى تحديد طبيعة الجزيئات عرفت عناصر هذه العائلة « بفيتامين ب ١ » و « فيتامين ب ٢ » وهلم جرا حتى « فيتامين ب ١٤ » .

وقد أظهرت الأبحاث بعد ذلك قلة فائدة معظم عناصر هذه العائلة ، ولكن ظل الفيتامين ب ١ هو الثيامين بالطبع . وقد أصبح الفيتامين « ب ٢ » معروفا الآن باسم « ريبوفلافين » (Riboflavin) والفيتامين « ب ٦ » باسم « بيريدوكسين » (Pyridoxin) والفيتامين « ب ١٢ » باسم « سيانوكوبالامين » (cyanocobalamin) ، وان كان اسم فيتامين « ب ١٢ » هو الأكثر شيوعا نظرا لصعوبة الاسم الكيميائي . وثمة عناصر من عائلة الفيتامين ب المركب ليست مسماة باسم الفيتامين المرقم ، وانما هي معروفة باسمها الكيميائي فقط مثل النياسين والبايوتين (biotin) وحمض الفوليك (folic acid) وحمض البانتوثينيك (Pantothenic acid) .

ولا تنتمى بالطبع كل الفيتامينات لعائلة الفيتامين ب ، نظرا لاختلاف التركيبة الذرية . فالفيتامين « ج » مثلا ليس من أعضاء هذه العائلة رغم أنه قابل للذوبان في الماء ، فهو لا يحتوى على ذرات نيتروجين في جزيئاته على عكس كل أعضاء العائلة .

ولا شك أن أي فيتامين من الفئة القابلة للذوبان في الدهون لا يندرج ، بسبب هذه الخاصية على وجه التحديد ، في قائمة الفيتامين ب ، فببداية أن كل فيتامينات هذه الفئة لا تحتوى على ذرات نيتروجين . وعلاوة على الفيتامين « أ » والفيتامين « د » تتضمن هذه الفئة الفيتامين « ب » و « ك » .

(وفيما يتعلق بالأحرف فيما بين الـ «B» والـ «K» فقد اتضح أن الفيتامين «F» عديم الفائدة • بينما انطبق الفيتامين «G» مع الريبوفلافين والفيتامين «H» مع البايوتين وهما من أعضاء عائلة الفيتامين «B» • أما عن عدم خضوع اسم الفيتامين «K» للتسلسل الهجائي الأجنبي فذلك يرجع الى صلته بالية تجلط الدم المعروفة في الألمانية باسم Koagulation • ولما كان الألمان هم مكتشفى ذلك الفيتامين فقد أطلقوا عليه فيتامين «K» ) •

والآن ، وبعد أن صارت تركيبات الفيتامينات معروفة وأنتجت كل هذه الفيتامينات صناعيا ، أصبح بوسع الانسان أن يأكل ما شاء له من الأطعمة مع اضافة نخبة من أقراص أو كبسولات الفيتامينات فيكون آمنا ، لا يخشى الاصابة بالاسقربوط والبرى برى أو الحصفاف أو غير ذلك من الأمراض الناجمة عن نقص الأغذية •

غير أن بعض الناس ذهبوا الى المبالغة فى تناول كميات الفيتامين اعتقادا منهم بأن ذلك يمنحهم مزيدا من الوقاية ضد الأمراض غير المحسوسة ، والتي قد تتراكم وتتفاقم أعراضها مع الزمن ، وهذا اعتقاد نتشكك فى صحته • صحيح أن الجسم لا يحتفظ فيما يبدو بالفيتامينات القابلة للذوبان فى الماء ، ولذلك فانه يفرز عن طريق الكلى أية زيادة عن حاجته منها ، وبالتالي لا نرى جدوى أن يتناول الانسان كمية كبيرة من هذه الأقراص، فلن يجنى منها الا اضرار بوله • وربما كان الاستثناء الوحيد لذلك هو الفيتامين « ج » ، حيث يقال انه لا ضرر من تناول كميات كبيرة منه ، فهو مفيد لمقاومة نزلات البرد بل وله بعض التأثير فى تحسين حالات السرطان، ويؤيد ذلك الكيميائى الأمريكى الشهير لينوس باولينج ( ١٩٠١ - ) الذى يؤكد أيضا أن فائض الفيتامين « ج » لا يلفظه الجسم عن طريق الكلى •

لكن الامر يختلف بالنسبة للفيتامينات القابلة للذوبان  
فى الدهون ، فليس بوسع الجسم أن يتخلص منها بسهولة  
ومن ثم فهي تتراكم ، ولو زادت عن حد معين قد تكون لها  
نتائج ضارة ، وقد يؤدى تناول كميات كبيرة من الفيتامين «أ»  
والفيتامين «د» الى الاصابة بالتسمم .

وتخزن الأسماك والحيوانات آكلة الأسماك كميات من  
الفيتامين «أ» و «د» تفوق بكثير الحد الآمن لدى حيوانات  
أخرى . ويفسر ذلك سبب معاناة بعض الناس - قبل تصنيع  
أقراص الفيتامين - وتحول حياتهم الى جحيم نتيجة تناول  
زيت كبد الأسماك بانتظام .

وسوف نتناول فى الباب القادم أكثر هذه الفيتامينات  
غرابية .

## الفصل الثامن

### العنصر الشيطاني

من عيويى التى أعترف بها ، بل وأصر عليها ، اننى فى بعض الأمور أعد قرويا بدرجة غريبة ، فرغم ولعى باللغة الانجليزية لم أستمتع الاعتياد على النطق والهجاء البريطانيين ، فالانجليز يميلون الى مد نطقهم لبعض الكلمات حيث يقولون مثلا « revolution » أو « defecate » بمد حرف الـ « e » وأنا أميا عدم الاحالة ، ويقولون كذلك : « Shedule » بدلا من « Schedule » بحذف حرف الـ « d » ، وكلمات أخرى كثيرة لدرجة اننى أشعر فى بعض الأحيان بالرغبة فى أن أطلع على الملاءة ، اذا لم يكن بوسع البريطانيين الالتزام بالنطق والهجاء الأمريكيين ، فليبحثوا لهم عن لغة أخرى .

أقول ذلك الآن لأنى كنت أريد أن أعرف متى استخدم لفظ « anemia » لأول مرة فى الطب ، فتناولت كتابا من مكتبتي وبحثت فيه عن ذلك اللفظ بهجائه an-e-m-i-a . ولكنى لم أجده ، فدهشت . ان لفظ أنيميا شائع جدا فى الطب والكتاب الذى أبحث فيه متخصص أصلا فى المصطلحات الطبية ، فكيف يغيب عنه ذلك اللفظ ؟

وبحثت مرة ثانية وثالثة بلا جدوى . ثم خطر لى خاطر ، فنظرت فى صفحة العنوان فوجدت الناشر أمريكيا لكن المؤلف كندى ، ففهمت ، وبحثت عن الكلمة بهجاء « anaemia » ووجدتها . ولا يمكن لانسان أن يتصور كم كنت قريبا فى هذه اللحظة مع رemy الكتاب مع الناقذة ، ولولا أنه نفعنى فى مناسبات عديدة سابقة لما استمر على أرفف مكتبتي .

وكلمة « أنيميا » مستمدة من لفظ يونانى بمعنى  
« لا دم » حيث أن حرف الـ « a » فى بداية الكلم ( أو « an »  
اذ تلاها حرف متحرك ) تعنى النفى وبقية الكلمة مصدرها  
باليونانية لفظ « haima » أى الدم مع نطق الـ « ai » كما لو كا  
« i » ممدودة .

أما الرومان الذين نقل عنهم الانجليز ، فهم يستخدمون  
فى هجاء الكلمة « ae » بدلا من « ai » ( مع نفس النطق ) وبـ  
أصبحت كلمة أنيميا تكتب « anaemia » بدلا من « anaemia »

لكن الانجليز ينطقون الـ « ae » مثل الـ « e » المطولة . وأ  
أن هناك من وجد أن استخدام الـ « e » فقط يفى بالفرض  
فجاء الهجاء على النحو المستخدم « anemia » غير البريطانيين  
ظلوا يكتبونها ويا مثل نحن نكتب « hemoglobin » « hemorrhage »  
« hematology » « hemophilia » و « hemorrhoid » بينما هم  
يضيفون دائما حرف الـ « a » فى كل كلمة . وبما أن السماء  
عادلة فانا واثق بأنها ستكون فى صفى فى هذا الأمر .

لا شك أنهم سيفيرون الهجاء عند نشر هذه المقالة فى  
بريطانيا العظمى لئتناسب ذوقهم ، لكنى غير مسئول عن أية  
تبعات قد تترتب على ذلك !

### ★★★

وقد استخدمت كلمة أنيميا فى الطب لأول مرة فيما  
يبدو عام ١٨٢٩ ، لوصف مختلف حالات الخلل فى الدم أو  
على الأقل مسألة اللون الأحمر حيث كان المريض يبدو شاحبا  
بدرجة ملفتة .

ويمد « الهيموجلوبين » العنصر المسئول عن اللون  
الأحمر فى الدم ، وهو موجود فى كرات الدم الحمراء .

ويحتوى الهيموجلوبين على ذرات الحديد ، وذرات الحديد ليست بالشئ الذى يمكن للجسم أن يكتسبه بسهولة من الأغذية . ومن طبيعة الجسم أنه يحتفظ جيدا بما لديه من حديد ، بحيث يتعرض الانسان لمشكلة حقيقية فى تعويض الحديد لو فقد قدرا كبيرا من الدم لأى سبب من الأسباب .

وتعانى النساء الشابات بصفة خاصة من هذه المشكلة نتيجة ما يفقدنه من دم فى الدورات الشهرية .

غير أن الإصابة بالانيميا قد تعزى الى أسباب عديدة أخرى ، حيث من الوارد أن يخفق الجسم بأشكال مختلفة فى إنتاج كرات الدم الحمراء ، حتى لو لم يكن هناك خلل فى حصول الجسم على الحديد . ومن شأن بعض أنواع الأنيميا أن تؤدى الى عواقب خطيرة ومتباعدة .

ويقودنا ذلك الى الحديث عن الفيزيائى البريطانى توماس أديسون ( ١٧٩٣ - ١٨٦٠ ) الذى يحظى اسمه الآن بشهرة لم ينلها فى حياته ، وذلك لأنه شخص فى عام ١٨٥٥ مرضا خطيرا من أعراضه ضمور الفلاف الخارجى للفدة الكظرية نتيجة نقص افراز الهرمونات ، ومازال هذا الداء معروفا باسم « مرض أديسون » .

وكان قبل ذلك قد نشر فى عام ١٨٤٩ وصفا دقيقا لواحد من أشكال الأنيميا يتسم بخطورة شديدة وبدرجة مقاومة كبيرة للعلاج . وأطلق على هذا المرض فى البداية « أنيميا أديسون » ، لكن لما فشلت كل سبل العلاج وصار الموت هو النهاية الحتمية للمصابين به ، تغير الاسم الى « برينشيوس أنيميا » وتعنى كلمة « برينشيوس » فى اللغة اللاتينية «ميت» ، ويقصد بهذا المرض «فقر الدم الخبيث» .

ومع حلول القرن العشرين ، كان العلماء قد اهتموا الى الفيتامينات ، وأصبح أى مرض غير معد موضع دراسة لبحث علاقته بالفيتامينات . وكان فقر الدم الخبيث من بين هذه الأمراض . وجاءت أول معلومة بشأنه بشكل غير مباشر .

كان أحد الفيزيائيين الأمريكيين ويدعى جورج هوبل  
ويبل ( ١٨٧٨ - ١٩٧٦ ) يدرس الصبغة المرارية الناجمة  
عن تفتت الهيموجلوبين .

ويحتوى جزئى الهيموجلوبين على جزء غير بروتينى  
يسمى هيماتين ، وهذا الجزء مكون من حلقة كبيرة مشكلة  
من أربع حلقات صغيرة وتوجد ذرة حديد فى مركزها ،  
ويتخلص الجسم من فائض الهيماتين بكسر الحلقة الكبيرة  
مع الاحتفاظ بذرة الحديد لاستعمالها مستقبلا . وتتحول  
هذه الحلقة المكسورة الى صبغة يلفظها الجسم .

وعندما أراد ويبل أن يتعمق فى فهم طبيعة هذه الصبغة  
فكر فى عام ١٩٧١ أن يدرس بالتفصيل دورة حياة  
الهيموجلوبين . وتلخص فكرته فى سحب الدم من عدد من  
كلاب التجارب حتى تصاب بالأنيميا ، ثم يحاول تجرية  
أنواع مختلفة من الأغذية ليرى أيها أسرع فى إعادة بناء  
العدد الطبيعي من كرات الدم الحمراء .

واكتشف ويبل أن الكبد يفوق أى نوع آخر من الأغذية  
من حيث سرعة تعويض الهيماتين وكرات الدم الحمراء .  
ولا غرابة فى ذلك ، فقد اتضح فيما بعد أن الكبد يعد بحق  
المصنع الكيميائى للجسم ، ولذلك فهو غنى بالفيتامينات  
وبالمواد المعدنية ومنها الحديد . وعلى ذلك فلو شاء المرء أن  
يتناول وجبة ذات قيمة غذائية كبيرة فلن يجد أفضل من  
الكبد .

ولم تكن أبحاث ويبل موجهة صوب «فقر الدم الخبيث» ،  
لكن البعض فكر فى استفلال نتائجه فى هذا الاتجاه .

كان هذا النوع من الأنيميا محيرا للغاية ، فلو كان ناجما  
عن نقص فى الفيتامينات لماذا لا يصاب به الا مثل هذا  
العدد الضئيل ؟ وكيف يتأتى ألا يكون هناك أى شئ غير



متوازن فى غذاء من يعانى من هذا المرض ؟ ثم كيف يفسر  
أن يصاب به البعض دون الآخر ممن يتبعون نفس النظام  
الغذائى ؟

ولعلنا ننظر الى المسألة من زاوية أخرى • فالجسم  
البشرى ينتج من بين الاقترازات المعدية حامض  
الهيدروكلوريك بتركيز قوى ، ولذلك تعتبر العصارة  
المعدية أكثر محلول حمضى فى الجسم مما يساعد على الهضم •  
(ويبلغ من درجة حموضة العصارة المعدية أن علماء الكيمياء  
الحوية يجدون صعوبة فى تفسير قدرة الفشاء المعدى على  
تحمل هذا الوسط بشكل مستديم - وأحيانا تنهار هذه  
القدرة ، ويشهد بذلك المصابون بقرحة المعدة ) •

ولاحظ الأطباء أن المصابين بهذا النوع من الأنيميا  
الميتة يمانون كلهم من نقص افراز حامض الهيدروكلوريك ،  
فبحث ذلك على التساؤل ألا يمكن أن يعزى هذا الداء الى خلل  
فى الهضم أو الامتصاص ؟ ألا يمكن أن يكون الفيتامين  
موجودا فى الغذاء ولا يستطيع المريض الاستفادة منه ؟  
ولو صبح ذلك ماذا سيحدث لو تناول المريض كميات أكبر من  
الفيتامين بحيث يستفيد المريض ولو بأقل القليل مما قد  
يتسرب منه ؟

كان هذا هو المنطق الذى فكر به الطبيب الأمريكى  
جورج ريتشاردز مينوت ( ١٨٨٥ - ١٩٥٠ ) وزميله وليم  
بارى ميرفى ( ١٨٩٢ - ) • وفى عام ١٩٢٤ ، وبعد  
أن انبهر مينوت بما توصل اليه وبيل من نتائج بشأن فعالية  
الكبد فى علاج الكلاب المصابة بالأنيميا ، قرر تجربة الكبد  
كغذاء لمرضى الأنيميا الخبيثة ، فبدأ يطعمهم بها بكميات  
كبيرة • ونجحت التجربة ! فلم يتوقف تدهور المرضى فحسب ،  
بل بدأت حالتهم تتحسن •

كانت النتيجة ايجابية لدرجة ان اقتسم وويل ومينوت وميرفى فى عام ١٩٣٤ جائزة نوبل فى الفسيولوجيا والطب .

أما التشكك بشأن وجود عامل خارجى هو الفيتامين ، وعامل داخلى يتمثل فى القدرة على الاستفادة منه ، فقد اقترب فى عام ١٩٣٦ من حد اليقين بفضل أبحاث الطبيب الأمريكى وليم كامبل ( ١٨٩٧ - ) ، الذى أثبت أن هناك « عاملا داخليا » يساعد على امتصاص الفيتامين .

وتبين فيما بعد أن هذا « العامل الداخلى » هو الجليكوبروتين ( جزئى بروتين يحتوى على عنصر معقد يشبه السكر ) ، حيث لابد أن يمتزج مع الفيتامين كى يمتص . ولما كان المقدار المطلوب من الفيتامين ضئيلا للغاية فالمشكلة دائما تكمن فى نقص الجليكوبروتين . وحتى لو لم يكن هذا المقدار الضئيل من الفيتامين موجودا فى الغذاء - وهذا أمر مستبعد - فإن البكتيريا الموجودة فى الأمعاء تكونه بكمية كافية ( مثلما تكون بعض أنواع الفيتامين الأخرى أيضا ) . ومما يؤكد تلك النتيجة أن تحليل براز المريض بالانيميا الخبيثة أثبت أنه غنى بذلك الفيتامين الذى من شأنه أن ينقذ المريض من الموت .

لكن العلاج بأكل الكبد له عيب كبير ، وهو ضرورة أن يلتزم المريض بأكل كميات كبيرة منه مدى الحياة . صحيح أن ذلك أفضل من الموت ، ولكن مع مرور الوقت ألا يأتى يوم يشعر فيه المريض بأن ذلك المصير هو أسوأ من الموت ! لا شك أن الأسلم هو محاولة استخراج الفيتامين من الكبد .

وبدا عالم الكيمياء الحيوية الأمريكى ادوين جوزيف كون ( ١٨٩٢ - ١٩٥٣ ) أبحاثه فى هذا الاتجاه . ولكن لم يكن سهلا ، فكلما قسم المستحضر الكبدى الى جزئين بالمعالجة الكيميائية ، لم يكن أمامه من وسيلة لمعرفة أى

الجزعين يحتوى على الفيتامين الا بتجربتهما على المرضى ليرى  
أيهما يؤدي الى تحسن الحالة ، وكان ذلك بالطبع يستغرق  
وقتا طويلا .

وواصل « كون » أبحاثه لمدة ست سنوات ( ١٩٢٦ -  
١٩٣٢ ) الى أن تمكن من انتاج مستحضر كبدى بالغ الفعالية  
فى علاج الأنيميا الخبيثة ، لكنه لم ينجح فى عزل الفيتامين  
نفسه . غير أن هذا الهدف تحقق بأيدى الكيميائى الأمريكى  
كارل فولكرز ( ١٩٠٦ - ) .

فى عام ١٩٤٨ ، توصل فولكرز وزملاؤه الى المفتاح .  
حيث اكتشف أن فيتامين الأنيميا الخبيثة ضرورى لنمو بعض  
أنواع البكتريا ، وإذا لم تحصل عليه يتوقف نموها . وذلك  
يعنى أن تجربة المستحضرات المتتالية الناتجة عن المعالجة  
الكيميائية أصبحت تتم سريعا عن طريق مراقبة نمو البكتريا  
بدلا من مضايقة المرضى . ومع كل تجربة يزداد المستحضر  
تركيزا ، ولم يكد يمضى عام حتى أمكن عزل بلورات حمراء  
هى الفيتامين ذاته وأطلق عليه « فيتامين ب١٢ » .

وبعد أن أصبح الفيتامين ب١٢ فى المتناول تبين أنه  
يتسم بعدة خصائص غريبة تبعث على الدهشة . وأول هذه  
الخصائص أنه يتبدل قائمة الفيتامينات ب من حيث مقدار  
الجرعة اليومية التى يحتاجها الجسم .

وتقاس حاجة الانسان من شتى أنواع الفيتامين ب  
بالمليجرام حيث يحتاج الشخص البالغ ٢٠ مليجرام نياسين  
يوميًا و ٢ مليجرام بيريدوكسين و ١٧ مليجرام ريبوفلافين  
و ٤ مليجرام ثيامين وهلم جرا . ولعلنا نطرح تلك النسب  
بشكل آخر ، فالأونس ( حوالى ٣٠ جراما ) من النياسين  
يكفى الانسان لمدة أربع سنوات ، بينما يكفى الأونس من  
الثيامين الانسان لمدة ٥٥ عاما .

أما الجرعة اليومية المطلوبة من الفيتامين ب١٢ فهى

تناهز ٥ ميكروجرام للشخص البالغ . والميكروجرام هو واحد من ألف من الملجم ، أي أن الآونس من ذلك الفيتامين يكفى الانسان لمدة ١٥٥٢٣ سنة !! أو يكفى حوالى ٢٢٠ شخصا مدى الحياة !! ألا يكون غريبا حقا أن يعاني أحد من نقص الفيتامين ب ١٢ ؟

وتتمثل الخاصية الغريبة الثانية فى أن جزيء الفيتامين ب ١٢ يتميز بخصامة نسبية غير عادية ، فهو مكون ، ما لم أكن مخطئا ، من ١٨١ ذرة ويبلغ وزنه الجزيئى ١٣٥٨ ، وهذا يجعل حجمه يساوى تقريبا أربعة أمثال حجم الأنواع الأخرى من الفيتامين ب .

وفى الواقع ، يعد جزيء الفيتامين ب ١٢ من أضخم « جزيئات القطعة الواحدة » فى الخلايا الحية ، وهنا لابد أن نفهم معنى « جزيء القطعة الواحدة » .

هناك أنواع كثيرة من الجزيئات فى الخلايا تفوق جزيء الفيتامين ب ١٢ حجما ، مثل جزيئات النشا والبروتينات والحامض النووى وغيرها ، كما أنه يمكن فى المعمل تحضير جزيئات عملاقة مثل جزيئات الألياف والبلاستيك . غير أن مثل هذه الجزيئات العملاقة ، التى يبلغ وزنها الجزيئى عشرات بل مئات الألوف ، تتكون من سلاسل من وحدات متماثلة أو حتى متطابقة . وهذه السلاسل سهلة الكسر والتحول الى وحدات مفردة . وتسمى المادة المكونة من مثل هذه الجزيئات العملاقة « بوليمر » .

أما الفيتامين ب ١٢ فهو ليس بوليمر ، وإذا فتت فانه يتحول الى أجزاء غير متماثلة ولذلك يسمى «القطعة الواحدة» . ولو تناول المرم أطعمة تحتوى على جزيئات النشا والبروتين والحامض النووى ، يصعب امتصاص هذه الجزيئات بهيئتها نظرا لكبر حجمها ، ولذلك فهى تنقسم بسهولة الى وحداتها الصغيرة ثم تمود للاتحاد بعد أن يمتصها

الجسيم • غير أن الأمر يختلف بالنسبة للفيتامين ب<sub>١٢</sub> ، حيث ينبغي أن يمتص الجزيء كاملاً رغم ضخامة حجمه ، ومن ثم فهو بحاجة الى العامل المساعد الداخلى ليتحد معه ، وبدونه يصبح المرء معرضاً للإصابة بالانيميا الخبيثة •

وقد شكل الحجم الكبير لجزيء الفيتامين ب<sub>١٢</sub> وتركيبته المعقدة صعوبة بالغة فى التوصل الى تفاصيل بنيته • واستغرق الأمر ثماني سنوات كاملة بعد عزله لبلوغ ذلك الهدف ، ويزجج الفضل فيه الى عالمة الكيمياء الحيوية دوروثى كراوفورد هودكين ( ١٩١٠ - ) •

كانت دوروثى متخصصة فى دراسة النمط الانتشارى الناجم عن ارتداد الأشعة السينية اثر اصطدامها بالذرات • ويمكن بتحليل ذلك النمط الانتشارى معرفة وضع شتى الذرات فى الجزيء وبالتالى التوصل الى بنيته • وكلما كانت البنية معقدة كان النمط الانتشارى معقداً وازدادت صعوبة تحليله واستنتاج تركيبية الجزيء •

وقد استخدمت دوروثى هذه الطريقة لمعرفة تركيبية البنسلين مع الاستعانة بالكمبيوتر لحل المسألة • وكانت تلك هى المرة الأولى التى يستخدم فيها الكمبيوتر فى مجال الكيمياء الحيوية •

وطبقت عالمة البريطانية نفس النظرية على الفيتامين ب<sub>١٢</sub> تكون الهيماتين - وهو عنصر أساسى فى الهيموجلوبين متواصل ، نجحت أخيراً فى حل المسألة تماماً وأعلنت فى عام ١٩٥٦ التركيبية الدقيقة لـ ب<sub>١٢</sub> واستحقت عن ذلك جائزة نوبل فى الكيمياء لعام ١٩٦٤ •

ولكى نفهم تركيبية الـ ب<sub>١٢</sub> فلنرجع الى الهيماتين • ذكرنا آنفاً ان جزيء الهيماتين يتكون من حلقة كبيرة مكونة من أربع حلقات صغيرة • وتتكون كل واحدة من الحلقات الصغيرة من خمس ذرات (أربع ذرات كربون وذرة نيتروجين)

وهي متصلة ببعضها بجسور كل منها محون من ذرة كربون واحدة • وتسمى مثل هذه التركيبية « حلقة بورفيرينية » •

ورغم ضخامة الحلقة البورفيرينية فإنها تعد تركيبية ذرية بالغة الاستقرار ، وهي شائعة الوجود في الطبيعة حيث تحتوى أنواع عديدة من الجزيئات على مثل هذه التركيبية • ويمزى ذلك الى امكان التصاق تآلفات ذرية صغيرة شتى ( سلاسل جانبية ) فى أى مكان مع الحلقة البورفيرينية • وكلما اختلفت تركيبات السلاسل الجانبية وتباينت أشكال اتصالتها بالحلقة تكون مركب جديد •

ويتكون الهيماتين - وهو عنصر أساسى فى الهيموجلوبين ولا يستطيع الانسان العيش بدونه - من أحد هذه الاشكال مع وجود ذرة حديد فى مركز الحلقة •

وثمة صور عديدة للحياة لا تحتوى على الهيموجلوبين ، ولكن لا غنى لها عن البورفيرين الحديدى حيث ان هناك تركيبات منه تعرف باسم « سيتوكروم » ، ويتيح السيتوكروم للخلايا أن تستخدم جزيئات الأكسجين فى استخراج الطاقة من الجزيئات العضوية ، ولذلك يتحتم وجوده فى كل الخلايا التى تستخدم الأكسجين ( وهى تشكل الغالبية العظمى من الخلايا الكائنة ) •

ويعد الكلوروفيل أيضا أحد صور الحلقات البورفيرينية مع اختلاف طفيف فى مجموعة السلاسل الجانبية ، علاوة على وجود ذرة مغنيسيوم فى مركزها بدلا من ذرة الحديد • والكلوروفيل هو عنصر أساسى فى كل النباتات الخضراء ( حيث يمزى اليه على وجه التحديد ذلك اللون الأخضر ) ، وهو الذى يتيح للنباتات استخدام الطاقة الضوئية للشمس فى تكوين المركبات العضوية المعقدة التى يعتمد عليها عالم الحيوان بأسره ( بما فيه الانسان ) كمصدر للطاقة •

يتضح من ذلك أن المركبات البورفيرينية ذات ذرة

المغنيسيوم لها نفس درجة أهمية البورفيرينات الحديدية بالنسبة للغالبية العظمى من الخلايا \*

وتتماثل تركيبة جزئىء الب ١٢ تقريبا مع البورفيرين، حيث تتألف الحلقة الكبيرة من أربع حلقات صغيرة ، كما ذكرنا آنفا ، غير أن ثمة ثلاثة جسور فقط تربط الحلقات ببعضها ولا وجود للجسر الرابع ، وذلك يعنى أن اثنتين من الحلقات الأربع متصلتان ببعضهما بشكل مباشر - وتسمى هذه التركيبة « حلقة كورينية » وتتسم بعدم التماثل فى الشكل \*

وتلتصق بالحلقة الكورينية مجموعة من السلاسل الجانبية المعقدة المتصلة بكل ذرة تقريبا فى الحلقة \* والأغرب من ذلك أن الذرة المركزية لا هى ذرة حديد ولا ذرة مغنيسيوم \* ولعلنا عند هذه المرحلة ننتقل الى جانب آخر من القصة \*

حدث منذ بضعة قرون فى ألمانيا أن تعرض عمال مناجم النحاس لبعض الأذى ، اثر عثورهم على صخرة يميل لونها الى الزرقة وتشبه أحجار الملاكيت ، وظنوا أنها قد تكون خام نحاس \* ولكن بمعالجتها لم تسفر عن النحاس ، بل انبعثت منها أبخرة ضارة ، حيث كانت تحتوى على نسبة زرنيخ \*

وبشئء من الدعاية انتهى عمال المنجم الى أن الصخرة الزرقاء خام النحاس ولكن تسكنها روح شريرة ! ولما كان الفلكلور الألمانى يتضمن روحا شريرة اسمها « كويولد » أطلق العمال هذا الاسم على الخام الزائف \*

وبتحليل هذا الخام توصل الكيميائى السويدى جورج برانت ( ١٦٩٤ - ١٧٦٨ ) فى عام ١٧٤٢ الى أن يستخرج منه أحد المعادن ولكنه لم يكن نحاسا ، بل كان يشبه الحديد الى حد كبير ، حتى انه كان يستجيب للمغناطس وان كان

بدرجة محدودة ، غير أنه لم يحقّ حديدًا ، حيث لم يكن يصدأ  
ويكون تلك القشرة البنية الداكنة .

.. واحتفظ برانت بنفس الاسم الذي أطلقه الألمان على  
هذا المعدن مع تعديل طفيف في النطق حيث أسماه  
« كويالت » .

ولقد تبين أن الكويالت له أهمية كبيرة في تركيب  
العديد من السبائك ، ولكن هل له أية علاقة بالخلايا الحية ؟  
يشكل الماء الجانب الأعظم من محتوى الأنسجة الحية  
بصفة عامة ، ولكن لو تم تجفيف هذه الأنسجة يمكن تحليل  
مادتها . وتفيد نتائج التحليل أن الكربون يشكل نحو نصف  
وزن المادة الجافة .

ويتفق ذلك مع المنطق ، فكل « المركبات العضوية » -  
التي تسمى بهذا الاسم لأنها في الأصل متصلة بالأجهزة  
الحية - تتكون من جزيئات تحتوى على ذرات الكربون المتحدة  
مع الأكسجين والهيدروجين فضلا عن النيتروجين في كثير  
من الأحيان . وتشكل هذه الأنواع الأربعة من الذرات حوالي  
٨٨٪ من المادة الجافة للنسيج الحي .

وهناك أيضا قليل من الكبريت والفسفور في البروتينات  
وكثير من الكالسيوم والفسفور في العظام كما يوجد  
الصوديوم وأيونات الكلورين في محلول الجسم وقليل من  
المنغنسيوم هنا وهناك ، علاوة طبعًا على الحديد في خلايا  
الدم الحمراء والسيتوكرومات .

ولو جمعنا كل ذلك نجد أن نسبته تزيد تماما على ٩٩٪  
من وزن المادة الجافة بحيث يمكن بسهولة إهمال الجزء  
البسيط المتبقى .

ولكن عندما اهتمت العلماء إلى الفيتامينات ، تبينوا ،  
مدى أهمية العناصر الطفيفة ، ومع ثمّ أليس من الواضح أن



تكون هناك بعض العناصر الضرورية للحياة بكميات بالغـة الضآلة ؟ • فى هذه الحالة فإن تلك النسبة التى تقل عن ١٪ من وزن المادة الجافة قد تحتوى على كميات ضئيلة للغاية من مثل تلك العناصر الأساسية للحياة •

وعندما يأكل المرء فإن جسمه يلتقط بعضاً من كل العناصر الموجودة فى الطعام • ولا شك أن هناك بعض ذرات الذهب مثلاً تسبح فى جسم الإنسان ، ولكن ذلك لا يعنى أن الذهب يعد عنصراً أساسياً للأنسجة الحية – على حد علمنا حتى الآن !

ويزداد احتمال وجود « العناصر الطفيفة الأساسية » فى الجسم لو كانت موجودة دائماً فى النفايات التى تلفظها الأنسجة • ويتعاطم ذلك الاحتمال لو أخضع أحد الحيوانات لنظام غذائى خال من ذلك العنصر وتعرض لمعاناة نتيجة لذلك • والأفضل من كل ذلك أن يثبت أن العنصر المعنى يشكل جزءاً أساسياً فى جزئ معروف أنه ضرورى للحياة بكميات طفيفة •

وفى منتصف العشرينات اكتشف وجود عنصر الكوبالت فى رماد الأنسجة الحية بعد حرقها ، ولكن ساد اعتقاد لعشر سنوات تالية أنه كان موجوداً من قبيل الصدفة كنوع من التلوث •

ولكن حدث فى عام ١٩٣٤ أن أصيبت الخراف فى أماكن عديدة من العالم بنوع من الأنيميا لم تجد معه إضافة مركبات الحديد إلى غذائها •

غير أن الخراف شفيت بعد أن أضيف إلى الغذاء مستحضر خال من الحديد ، ومستخرج من مادة معدنية اسمها ليمونايت • وحلل العلماء ذلك المستحضر بدقة إلى عناصر شتى وأضافوها فى صورة نقية ، العنصر تلو الآخر ، إلى غذاء الخراف إلى أن اكتشفوا أن كلوريد الكوبالت هو مر الشفاء • يبدو إذن أن

الكوبالت عنصر أساسى لحياة الغنم ، وقد اتضح فيما بعد أن ذلك ينطبق على الماشية أيضا •

ولما كان الغنم والماشية حيوانات اجترارية فقد يكون الكوبالت مفيدا فى حالتها وغير مفيد بالنسبة للكائنات الحية الأخرى غير الاجترارية ( مثل الانسان ) •

ولكن عندما اكتشفت تركيبة الفيتامين ب<sub>١٢</sub> ، وثبت وجود ذرة الكوبالت فى مركز الحلقة الكورينية ، وعرف أن جزيء ال ب<sub>١٢</sub> لا يصلح بدون هذه الذرة ، وبما أن الكائنات الحية لا يمكن أن تعيش بدون ال ب<sub>١٢</sub> ، يتضح أن الكوبالت عنصر ضرورى ، للحياة لكن بكميات متناهية الضالة •

وتجدر الإشارة الى أن هناك ذرات سيانيد تشكل مجموعة متصلة مع الكوبالت ، غير أنها ملتصقة به بدرجة لا تسفر عن أى أذى ، وبكمية ضئيلة لدرجة لا تسبب أى ضرر ، ولذلك يطلق حاليا على ال ب<sub>١٢</sub> « سيانوكوبالامين » •

وسوف نتناول فى الفصل التالى كيف أن الأشياء قد تكون ضرورية بمثل هذه الكميات الضئيلة ولا يمكن الاستغناء عنها •

## الفصل التاسع

### قليل من مواد التخمين

نجلست ذات يوم ابنتى روبن الشقراء الجميلة ذات العيون الزرقاء ، والتي تعمل فى مجال الطب النفسى الاجتماعى ، مع زميلة لطيفة لها وقررتا كتابة مذكرة ملتصقة تستكران فيها بعض التصرفات والممارسات التى تعتبرانها مشينة .

وتناولتا ورقا وأقلاما ( وهذا أسر ما فى الأمر ) وأخذتا تفكران وتبحثان عن الكلام . ومرت الدقائق دون أن يرد الى ذهنهما شئ سوى بعض المقدمات الركيكة . وفجأة ألقت روبن بقلمها فى سخط وقالت : « هل تصدقين أنى ابنة أبى ؟ » I

وعندما حكّت لى مسام ما حدث ضحكّت ، لأنه كان هناك بالفعل تشكك كبير حول هذا الأمر عندما كانت طفلة صغيرة . وتتلخص القصة كذا ترويتها زوجتى الشكاكة فى أن روبن تبدلت بطريق الخطأ فى المستشفى مع ابنتى الحقيقية . ( وأنا حاليا على يقين تام بأن ذلك ليس حقيقيا ، لأنه ظهر على روبن مع مرور الوقت الملامح التعليموفية الأكيدة ! )

ومع ذلك ، فعندما شاهدت مجموعة من أصدقائى فتاة شقراء صغيرة تشبه الصورة التى رسمها جون تينيل للطفلة « ليس » فى قصة « ليس فى بلاد العجائب » ، وكانت تلعب دورا على المسرح فى مدرستها ، رمقونى بنظرة حيرة وازدراء كأن يريدون سؤالى : « هل أنت متأكد من أن المستشفى لم تعطك الطفلة الأخرى ؟ » -

ولو كانوا قد طرحوا هذا السؤال لكنت احتفظنتها،  
ياسمعا عليها جناح حمايتي وأجبتهم : « لا بأس ، سأحتفظ  
بهذه ! » \*

ورويت لروين هذه القصة ، وقلت لها انها لو سمعت  
كل التعليقات من هذا القبيل لوجدتها فرصة لتردد واحدة  
من حكايات الأطفال المشهورة ، بأن أهلها ليسوا أهلها  
الحقيقيين ، وأن أهلها من سلالة الأسرة المالكة ولكنهم تعرضوا  
للاختطاف الى آخر هذه الأوهام \*

غير أن روبن ردت باحتجاج قائلة : « أيدا ! لم يساورني  
مطلقا أى شك فى أنكم ، أنت وأمى ، أهلى » \*

سمعت بالطبع بهذا الرد ، فتنحن ، روبن وأنا ، لدينا  
احساس قوى بالسواجب ، وكنت سافى بالتزاماتى الأيوية  
تجاهها بكل اخلاص حتى لو لم أكن أحبها ، وأنا على ثقة  
من أنها كانت ستفعل نفس الشيء \* غير أننا فى الواقع  
تربطنا علاقة حب قوية تجعل من هذه الواجبات مبعث سعادة  
بالفة لنا \*

وينسحب نفس الشيء لا اراديا على مقالاتى العلمية  
فبما أنى قد وعدت مجلة « F & SF » (الابداع والخيال العلمى)  
بتزويدها بمقال فى كل عدد فلا بد من التزامى بذلك مهما  
كلفنى من عناء \* الا أنى فى حقيقة الأمر أسعد بهذه المسألة  
لدرجة أنى أنتظرها من الشهر للشهر بابتسامة على وجهى \*  
وفى الواقع ، لو كانت هناك مشكلة فهى تتمثل فى أنى  
لا أكتب سوى ١٢ مقالة فقط فى السنة \*

### ★★★

تحدثنا فى الفصول الثلاثة السابقة عن الفيتامينات ،  
وقد يبدو للقارئ أننا بصدد تغيير الموضوع ، ولكن سرعان  
ما سيدرك أن التغير ظاهرى فقط :

اكتشف الناس فيما قبل التاريخ وجود القمح ، وعندما قاموا بتسخين السنابل ثم بلها حتى تكون عجينا ، ثم هرسوها وفردوها حصلوا على مادة غذائية بكميات وفيرة . ويقتضى بالطبع أكل مثل هذه « البسكويتات الصلبة » أسنانا قوية وقدرة جيدة على الهضم ، علاوة على درجة كبيرة من القناعة وصرف النفس عن الأغذية الشهية الأخرى .

ثم اكتشف فى مصر القديمة ، نحو عام ٣٥٠٠ قبل الميلاد ، نوع من القمح ينفصل بسهولة عن قشوره ( بعملية الدرس ) دون الحاجة لتسخين شديد . وعند طحن هذا الدقيق وبله وعجنه لم يبق مسطحا يابسا وإنما بدأ ينتفخ ذاتيا .

ومن غير المستبعد أن يكون الناس قد فكروا فى عدم الاستفادة من مثل تلك المادة الفاسدة ! ولكن تحت وطأة نقص الحبوب قد يكونون قد جربوا خبز تلك المادة المنتفخة فكانت النتيجة أن حصلوا على خبز طرى اسفنجى مسامى لا يدانيه شيء فى الطعم والقوام . فما الذى حدث لهذه المادة ؟ يمتلئ الجو ( كما نعلم اليوم ) بخلايا الخميرة التى تسبح مع عدد لا حصر له من نوعيات البذور والحبوب لأجسام دقيقة وفطريات ونباتات ، وتختلط الخلايا مع القمح المهروس وتتفاعل مع مركباته وتكون ثانى أكسيد الكربون وكحول .

ولو تعرض القمح لتسخين شديد فإن درجة الحرارة العالية لا تتيح بقاء خلايا الخميرة . ومرة ثانية لو تم بل القمح بعد التسخين وهرسه وفرده ثم تسخينه مرة أخرى فإنه يكتسب صلابة لا تتيح أيضا بقاء خلايا الخميرة فيه . ولو كانت الحبوب مادة أخرى غير الدقيق ، فحتى لو عاشت خلايا الخميرة فيها فإن الفقاعات المتكونة نتيجة التخمر تتسرب من الحبوب تاركة علامات دقيقة . ويتميز الدقيق دون سواه بأنه لو لم يتعرض لتسخين شديد وترك بعض الوقت فإن

أبخرة ثاني أكسيد الكربون والكحول لا تتسرب ، بل تمتزج مع مادة بروتينية لزجة تسمى « جلوتين » . وعندما يخبز الجلوتين فإنه يتمدد دون أن يتفكك ويكون فقاعات صغيرة مملوءة بالهواء . وخلال عملية التخبيز تقتل خلايا الخميرة . ويجف بخار ثاني أكسيد الكربون والكحول ولكن تبقى الفقاعات أو المسام .

وكان الخبازون يضطرون في بداية الأمر الى الانتظار حتى تتراكم خلايا الخميرة على كل عجينة ولكنهم اكتشفوا بعد ذلك أنهم لو خلطوا قطعة صغيرة مع عجينة مخمر مع عجينة طازجة وتركوها قليلا ، فأنها سرعان ما تنتفخ وتمتلئ بالفقاعات . ويمكن تكرار هذه العملية لأى عدد من المرات وسيحصل المرم في كل مرة على خبز منتفخ جيد .

وقد أطلق على تلك المادة - اى الخميرة - التى تجعل العجين ينتفخ ويمتلئ بالفقاعات أسماء عديدة فى اللغة الانجليزية ، منها « Leaven » وهو اسم مستمد من كلمة لاتينية معناها « ينتفخ » ، و « ferment » وهو لفظ مستمد أيضا من كلمة لاتينية معناها « الفليان » ، بما أن عملية تكون الفقاعات تذكر بتلك الناجمة عن فليان السوائل ، ومنها « yeast » المستمدة من كلمة يونانية تعنى أيضا « الفليان » .

ولم يكن أحد فى المصور القديمة يمتقد أن الخميرة كائن حى ، حيث لا تبدو عليها أية علامات للحياة . ولكن ألم يبيحث أحدا على الاندهاش انتفاخ العجين الطازج بعد أن تضاف اليه قطعة صغيرة من عجينة مخمر ، وذلك مهما تكررت المرات ؟ فهل تتكاثر الخميرة ؟ أوليس ذلك بعلامة حياة ؟

ربما لم يكن الناس يبالون بمثل هذه المسائل ، أو ربما استخدموها لضرب الأمثال وليس كحقيقة علمية ، فثمة قول مشهور لسان بول يقول فيه : « أن قطعة صغيرة من الخميرة

تخمر الكل « وذلك يماثل فولنا اليوم ان » التفاحة الفاسدة  
تفسد المندوق كله « ، أو ربما يكونون قد ضموها كمادتهم  
الى قائمة الخوارق الدينية •

ومن شأن الخميرة كذلك أنها تحول عصير الفواكه الى  
خمور ومنقوع الشعير الى بيرة ، وتلك قصة أخرى اقدم  
من التاريخ •

ولم تحظ ظاهرة التخمر بالبحث العلمى السليم الا فى  
اواخر القرن التاسع عشر •

ويرجع الأمر فى بدايته الى نجاح الكيميائى الفرنسى  
أنسلم بايان ( ١٧٩٥ - ١٨٧١ ) فى عام ١٨٣٣ فى فصل  
مادة من سنايل الحبوب من شأنها أن تحول النشا الى سكر  
بمعدل اسرع من المعدل المادى • وأطلق بايان على هذه  
المادة اسم دياستاز « diastase » ، وهو مستمد من كلمة  
يونانية تعنى « فصل » ( ولست ادرى ماذا كانت حكمة بايان  
فى اختيار ذلك الاسم ) •

وكانت ظاهرة تمجيد لتفاعلات الكيميائية قد اكتشفت  
فى ربع القرن السابق وأطلق عليها اسم «التحفيز» « catalysis ».  
غير أن المواد التى كان لها تأثير تحفيزى كانت حتى ذلك  
الحين مقصورة على المواد غير العضوية مثل مسحوق البلاتين ،  
وكانت قد اكتشفت فى عام ١٨١١ طريقة تحفيزية لتمجيد  
انتاج السكر من النشا - نفس موضوع بايان - ولكن  
باستخدام محاليل من أحماض المعادن •

ويختلف الدياستاز عن هذه المحفزات فى كونه مادة.  
عضوية ولذلك استحق اسما مستقلا • وقد عرفت بعد ذلك  
مثل هذه المحفزات العضوية باسم الخميرة « ferment ».  
ليدل على عملية التخمر التى تؤدى الى انتاج البيرة والخمور  
والخبز •

وكان معروفا في ذلك الوقت أن هناك شيئا في جدار المعدة يؤدي إلى تفتيت - أو « هضم » - جزيئات البروتين . وفي عام ١٨٣٦ نجح الفسيولوجي الألماني تيمودور شوان ( ١٨١٠ - ١٨٨٢ ) في أن يعزل من جدار المعدة هذا العنصر الفعال . ويعد هذا العنصر نوعا آخر من أنواع الخميرة أطلق عليه اسم « ببسين » ( Pepsin ) وهو مستمد من كلمة يونانية معناها « هضم » . وكان هذا هو أول عنصر مخمر يستخرج من الخلايا الحيوانية .

ورغم أن الخميرة تعد ( أو تحتوي على ) مادة تخمير ، حيث تعجل التفاعل الذي يحول النشا الموجود في الحبوب والسكر الموجود في عصير الفواكه إلى ثاني أكسيد الكربون وكحول ، فإنها تختلف عن مواد التخمير الأخرى مثل الدياستاز والببسين . فالدياستاز والببسين موجودان بكميات محددة ويستهلكان بالاستخدام ، أما الخميرة فهي مادة متجددة لا تنتهي .

وتوصل شوان إلى نتيجة بشأن تلك المسألة ولكن بشكل غير مباشر .

كان العالم الألماني قد بدأ أبحاثه بدراسة عملية التمعن . ولاحظ أن غلي اللحوم ثم الاحتفاظ بها في جو ساخن لا يصيبها بالعفن . واستنتج شوان أن اللحم والهواء يحتويان على كائنات دقيقة تسبب التمعن ، ومن شأن الحرارة أن تقتل تلك الكائنات الدقيقة فلا يحدث التمعن .

ولكن كان هناك علماء آخرون يعززون التمعن إلى الأكسجين وليس إلى كائنات دقيقة ، مع اعتبار أن الحرارة تلتف الأكسجين بشكل ما . وللتأكد من ذلك قام شوان بتسخين الهواء وجعل ضفدعا يتنفسه ، ولما لم يتضرر الضفدع استبعد فكرة تلف الأكسجين .



ولم يكتف شوان بذلك فاجرى تجربة أخرى حيث أذاب قطعة خميرة فى الماء وجعل المحلول يغلى ثم مرر به هواء ساخنا ، وتوقع أن يظل المحلول محتفظا بقدرته على التخمر فيثبت بذلك مرة أخرى أن الأكسجين لم يتلف . غير أن ذلك لم يحدث وتوقف مفعول الخميرة . وكان على شوان أن يعيد النظر فى رأيه بشأن الأكسجين .

وكان ثمة اعتقاد بأن الخميرة تحتوى على كريات دقيقة لا فائدة ملموسة لها ، وبالتالي لم يخطر ببال أحد أنها كائنات حية . ولكن لما تبين لشوان أن الحرارة توقف مفعول الخميرة ، أعلن فى عام ١٩٣٧ أن هذه الكريات لا بد وانها خلايا حية تموت بالتسخين .

وقد عزز هذا الاستنتاج الفيزيائى الفرنسى شارل كانيار دى لاتور ( ١٧٧٧ - ١٨٥٩ ) الذى اكتشف ، وهو يفحص تحت المجهر تلك الكريات الموجودة فى الخميرة ، انها تنمو وتنقسم وتتكاثر .

غير أن كبار الكيميائيين فى ذلك الحين تصدوا لهذا الرأى ، وفى مقدمتهم الألمانى جيبستوس فون ليبيج ( ١٨٠٣ - ١٨٧٣ ) الذى اصرر بشدة على أن عملية التخمر عملية كيميائية وليست بيولوجية ، وظل على موقفه هذا طيلة عشرين عاما .

ثم جاء الكيميائى الفرنسى الشهير لويس باستير ( ١٨٢٢ - ١٨٩٥ ) وتناول عملية التخمر بدراسة تفصيلية ، وفحص الخميرة بدقة تحت الميكروسكوب ومضى فى اجراء العديد من التجارب الدقيقة الذكية ، فاكتشف أن الخميرة لا تأتى بمفعولها لو كانت فى جو يفترق الى النتروجين، وتلك خاصية تتماشى مع المنطق القائل بأنها مادة حية . وبحلول عام ١٨٥٧ كان باستير قد أثبت بما لا يدع أى مجال للشك أن الخميرة أثناء عملية التخمر ، تمتص مواد غذائية وتنمو وتتكاثر ، أى انها باختصار مكونة من خلايا حية .

وفى عام ١٨٧٥ تمكن عالم الكيمياء الحيوية الالماني ويلهلم فريدريك كون ( ١٨٣٧ - ١٩٠٠ ) مع عزل مادة تخمير هاضمة اخرى ، وكانت هذه المرة من عصارة البنكرياس ، واسماها « تريپسين » ، وهو أيضا اسم مشتق من اليونانية بمعنى « الهضم » - ورغم أن التريپسين يؤدى الى هضم جزيئات البروتين الا انه يختلف عن البپسين ، حيث يعمل الأول فى وسط حمضى قوى بينما يعمل الثانى فى المحاليل القاعدية المخففة -

وفى ضوء النتائج التى توصل اليها « باستير » قرر « كون » أن هناك نوعين من المواد المخمرة : الأول يعمل كجزء من الخلايا الحية مثل الخميرة ، ويندرج فى قائمة الموائد المخمرة المعضية ( والثانى يمكن استخراجه من الخلايا ويؤدى وظيفته حتى لو لم يكن جزءا من أى شىء حى ) ويندرج فى قائمة « المواد المخمرة غير المعضية » -

وشعر « كون » أن هذا التمييز يعد على درجة كبيرة من الأهمية ، ويستحق ان يكون أيضا على مستوى المصطلح العلمى ، ولذلك اقترح فى نفس العام الذى اكتشف فيه التريپسين أن يكون اسم « المواد المخمرة » مقصورا على العناصر الموجودة فى الخلايا الحية ، أما المواد المخمرة غير المعضية مثل الدياستاز والبپسين والتريپسين فاقترح أن تسمى « أنزيمات » ، وهو اسم يونانى المصدر ويعنى « فى الخميرة » ، غير أنه اسم ضعيف فى الواقع لأن المواد المخمرة غير المعضية ليست موجودة فى الخميرة ، ونعتقد أنه كان يقصد انها تشبه فى وظيفتها المواد المخمرة الموجودة فى الخميرة - وعلى أى الأحوال فان كلمة « انزيم » أصبحت مصطلحا طليا معروفا اعتبارا من عام ١٨٧٥ -

غير ان أى تمييز لا يكون تمييزا الا اذا كانت له مبرراته ، ولذلك كان من الضرورى - كمبرر لصحة التمييز - اثبات أن أى تدمير فى خلية الخميرة - كوحدة واحدة - من شأنه

ان يوقف عملية التخمير - وقد عرفنا أن الحرارة تأتي بهذا التأثير ، ولكن قد يكون أوقع لو توقف مفعول التخمير اذا تعرضت الخلية لعملية تدمير ميكانيكى بسيطة ، كأن يتم تمزيقها اربا فى درجة الحرارة العادية - ومن المنطقى فى هذه الحالة أن نستنتج أن عامل التخمير ليس مجرد عنصر فى الخلية ، وانما ينجم المفعول عن أداء الخلية ككل .

وفى عام ١٨٩٦ أخذ الكيميائى الألمانى ادوارد بوتشنر ( ١٨٦٠ - ١٩١٧ ) هذه المهمة على عاتقه ، بنام على اقتراح من شقيقه الأكبر هانز ، وكان هو الآخر كيميائيا بارزا . وكانت التجربة على النحو التالى :

كون بوتشنر خليطا من الخميرة والسرمل والطين الدياتومى وسحقه يشدة بحيث يضمن تمزق خلايا الخميرة ، وان كان من الوارد أن تظل جزيئاتها سليمة - ثم لف العجين فى قطعة قماش سميكه وعصره بقوة ضغط شديدة ليستخرج منه كل السائل - وهذا السائل بالطبع هو المحلول الذى كانت تحتوى عليه خلايا الخميرة - وعندما فحص بوتشنر السائل تحت الميكروسكوب لم يجد أثرا لأية خلايا سليمة .

وكان بوتشنر متأكدا سلفا أنه لن يكون لهذا المحلول أى مفعول مخمر ، غير أنه كان يخشى الاحباط - ولم يكن يريد تعريض المحلول للتلوث بأية كائنات دقيقة خشية حدوث تفرات كيميائية تلقى ظلال الشك على نتائجه ، ولم يكن أيضا يريد أن يضيع كل وقته فى عملية سحق وعصر عينات جديدة ليجرى تجاربه على محاليل طازجة - ولذلك استعان بفكرة بسيطة للغاية - فمن المعروف أن وضع كمية كبيرة من السكر فى محلول مستخرج من الأنسجة يقيه من البكتيريا ( وهذه هى الفكرة المستخدمة فى صنع الفواكه المحفوظة والمربى والجيلي ) .

ووضع بوتشنر السكر فى محلوله ، وكم كنت أتمنى أن أراه فى هذه اللحظة ، حيث أعتقد أنه سقط مغشيا عليه حين

رأى المحلول المسكر قد بدا يتخمر ، وهذا هو ما لم يتوقعه مطلقا .

المسألة اذن هي أن الخميرة تحتوى على عنصر مخمر يمكن استخراجه من خلاياها ويظل يؤدي نفس وظيفته وهو بعيد عن الخلية . وأطلق بوتششر على هذا العنصر اسم « زيماس » .

ومن ثم يمكن القول بأنه ليست هناك فوارق حقيقية بين أنواع الخمائر والانزيمات ، ولذلك استقر الرأى أخيرا على تسمية كل العناصر المخمرة انزيمات .

وقد نال بوتششر فى عام ١٩٠٧ جائزة نوبل للكيمياء تقديرا لما توصل اليه من نتائج فى أبحاثه . ثم عن له أن يتطوع فى الجيش اثر اندلاع الحرب العالمية الأولى فجأة ، وكان فى ذلك الحين فى الرابعة والخمسين من عمره . وكانت السلطات الألمانية من الغباء بحيث قبلت تطوعه ، وكانت النتيجة أن لقي مصرعه فى عام ١٩١٧ اثر اصابته بطلق نارى على الجبهة الرومانية . ولا شك انه كان بوسع الألمان تحقيق قدر أكبر من الاستفادة بعقله بدلا من استخدامه كدروع لصد الرصاص على الخطوط الأولى لجبهة القتال . وكان باستير قد تقدم أيضا قبل نحو نصف قرن من الزمان للتطوع فى الجيش أثناء الحرب الفرنسية البروسية ، وكان فى الثامنة والأربعين من عمره . غير أن الفرنسيين مسحوا على رأسه بلطف ، وقالوا له انك أنفع للامة وللعالم وأنت فى معملك .

الانزيمات اذن هي « محفزات عضوية » لا علاقة لوظيفتها بالخلايا التى قد تحتويها ، والسؤال الآن : ما هى طبيعتها ؟

تنقسم المركبات العضوية الى عدد ضخم من الأنواع المختلفة ، فهل الانزيمات تخضع لنفس التقسيم أم انها تنتمى لمجموعة محددة من هذا النوع أو ذاك ؟

لم يكن تحديد هذه المسألة بالشئ اليسير ، فالمحفزات بصفة عامة تؤدي وظيفتها في تركيز خفيف للغاية ومع ذلك يمر هذا الأداء بمراحل طويلة • ولا يشترط في أداء المحفزات أن تكون طرفا في التفاعل ، بل ان دورها يقتصر أحيانا على مجرد توفير سطح ييسر بطريقة أو بأخرى التفاعل الكيميائي • ويروق لي أن أشبه المحفزات بطاولة الكتابة ، حيث يضع المرء الورق عليها ويكتب بطريقة أسهل مما لو كانت الورقة معلقة في الهواء • ولا يحتاج المرء الا لطاولة واحدة ليكتب ملايين الأوراق •

وقد ذهبت اراء معظم الكيميائيين الى أن الانزيمات ما هي الا بروتينات • فالبروتينات تتميز من بين شتى انواع المواد العضوية بأحتوائها على الجزئيات الاخر تمقيدا ، علاوة على ان كلا منها يتسم بسطح جزئتي ذي شكل محدد ومميز • ومن شأن كل سطح أن يناسب عناصر متفاعلة محددة ويزيد من سرعة تفاعلها • وقد تصل درجة انفراد أسطح جزئيات البروتينات بأشكال مميزة الى حد ألا يناسب كل شكل سوى جزئ واحد دون سواه • وذلك يفسر انفراد أنواع من الانزيمات بتحفيز تفاعلات تخص جزئيا بمينه دون سواه • ويسمى ذلك « بخصوصية » الانزيم •

وتشكل فكرة الانتساب لفئة البروتينات أفضل تفسير لطبيعة الانزيمات ، غير أنه كان ينقصها الاثبات •

وقد تناول الكيميائي الألماني ريتشارد ويلستراتر ( ١٨٧٢ - ١٩٤٢ ) تلك المسألة بالبحث في الفترة من ١٩١٨ الى ١٩٢٥ ، حيث أجرى سلسلة من عمليات التنقية لمحاليل تحتوى على أنواع مختلفة من الانزيمات ، وكان في كل مرة يتخلص من الشوائب دون المساس بفاعلية الانزيم ، حتى حصل في النهاية على محاليل صافية تماما خالية من أية دلالة على وجود بروتينات • ثم أجرى أدق أنواع الاختبارات ، وفقا لامكانات معمله ، بحثا عن البروتين في

هذا المحلول • لكن النتيجة جاءت سلبية • فانتهى الى أن الانزيمات ليست ذات طبيعة بروتينية وأنها على الأرجح عبارة عن جزيئات صغيرة •

وتبدو هذه النتيجة غير منطقية بالنظر الى الخصائص المديدة للنشاط الانزيمى • غير أن ويلستاتر كان كيميائيا صلب الرأى ، ويعزز موقفه حصوله فى عام ١٩١٥ على جائزة نوبل للكيمياء لأبحاثه فى مجال الكلوروفيل والاصباغ الزراعية الأخرى ، ولذلك قليل من كان يتجاسر على مجادلته بشأن هذه النتيجة •

وبينما كان ويلستاتر يجرى أبحاثه ويقتررب فى اتجاه ما توصل اليه فى نتائج ، كان عالم الكيمياء الحيوية الأمريكى جيمس باتشلى سومنر ( ١٨٨٧ - ١٩٥٥ ) يبحث هو الآخر نفس المسألة ولكنه كان يقترب الى نتائج مناقضة •

كان سومنر يجرى أبحاثه على انزيم يسمى « يورياز » تتمثل مهمته فى تحليل البول الى جزيئات أبسط هى جزيئات الأمونيا وثانى أكسيد الكربون • ( وكان حرفا ال « أ » وال « ز » - اللذان استخدمهما لأول مرة « بايان » فى نهاية اسم « دياستاز » - قد صار استعمالهما شائعا فى أسماء الانزيمات ومجموعاتها ، باستثناء ذلك المبدد القليل من الانزيمات ، مثل الببسين والتريپسين ، التى عرفت قبل شيوع هذا المرف ) •

وكان هناك نوع من الفاصوليا تتسم بدورها بأنها غنية بانزيم اليورياز • وتمثلت تجارب سومنر فى استخراج ذلك الانزيم وتنقيته • واستغرق العمل تسع سنوات الى أن حصل سومنر على بلورات صغيرة تتصف بنشاط انزيمى بالغ القوة ، حتى انه استنتج أن هذه البلورات هى بلورات اليورياز - أى المادة ذاتها •

وعندما أجرى سومتر اختبارات البروتين على البلورات  
جاءت النتائج ايجابية تماما . وخلص في عام ١٩٢٦ الى  
عكس نتائج ويلستاتر، أى أن اليوريا لم يكن سوى بروتين .  
وإذا كان أحد الانزيمات هو بروتينا ، فمن المنطقي أن  
ينسحب ذلك على انزيمات أخرى، ولم لا على الانزيمات كلها .  
ولكن ويلستاتر هز رأسه بالنفي واستبعد نتائج  
سومتر . ولما كان سومتر مغمورا نسبيا ، على عكس  
ويلستاتر ، ظلت نتائجه مرفوضة لمدة سنوات .

غير أن كيميائيا أمريكيا آخر يدعى جون هوارد نورثروب  
( ١٨٩١ - ) تناول نفس الموضوع بالبحث ، وسار في  
نفس خط . سومتر ونجح في عام ١٩٣٠ في الحصول على  
بلورات الببسين ثم بلورات التريبسين والكيমوتريبسين  
( وهو نوع آخر من الانزيمات الهاضمة ) في عامى ١٩٣٢  
و ١٩٣٥ تباعا . وأثبت أن كل هذه الانزيمات ما هى  
الا بروتينات .

علاوة على ذلك فقد كانت طريقة نورثروب في تجاربه  
بسيطة ومنطقية ، ولذلك لم يمض وقت طويل بعد ذلك حتى  
أمكن اثبات الطبيعة البروتينية لعدد كبير من الانزيمات .

واتضحت الرؤية ، وزال الشك وتبين أن ويلستاتر  
كان مخطئا . وفى عام ١٩٤٦ تقاسم سومتر ونورثروب  
جائزة نوبل للكيمياء .

ومادام الأمر كذلك فأين الخطأ فى نتائج ويلستاتر ؟ فهو  
كيميائى ماهر لا يقع مثله فى خطأ تافه من هذا القبيل .  
والواقع انه لم يقع فى خطأ . فقد حصل فى تجاربه على  
محلول انزيمى يتسم بفاعلية كبيرة ودرجة نقاء عالية ، غير  
أن عدد ما تبقى فيه من جزيئات الانزيم - مع التسليم بأن  
النشاط الانزيمى لا يحتاج الا لعدد بالغ الضالة من  
الجزيئات - لم يكن ليمطى نتائج ايجابية فى اختبارات  
البروتين بامكانات معمل ويلستاتر .

ومنها ناحية أخرى فقد عمل سومنر ونورثروب على معالجة المحلول بحيث حصلوا على الانزيم في صور صلبة على هيئة بلورات ، وقد أتاح لهم ذلك اذابته في المرحلة التالية في أقل كمية ملائمة من المياه ، فحصلوا على محلول مركز أعطى النتائج الايجابية بالنسبة لوجود البروتين .

وتتألف بعض البروتينات من عدد من سلاسل الأحماض الأمينية ولا شيء غير ذلك ، ومثل هذه البروتينات تسمى « البروتينات البسيطة » ومنها البيسين والتريسين .

غير أن البعض الآخر من البروتينات يتكون من سلاسل الأحماض الأمينية علاوة على جزء لا ينتمي لهذه السلاسل ، وهذا البعض يسمى « البروتينات المترابطة » (conjugated proteins) ومنها « الكاتالاز » و « البيروكسيداز » « السيتوكرو أوكسيداز » وهي أنواع لم نذكرها من قبل .

ولو كان الجزء غير المنتمي للحامض الأميني متحدا مع البروتين بشكل وثيق فإنه يسمى « المجموعة المضافة » ، إلا أن اتصال هذا الجزء يكون ضعيفا في بعض الانزيمات ويسهل انفصاله ، وفي هذه الحالة يطلق عليه « الانزيم المساعد » (Coczyme) . والفريب أن الانزيم المساعد يكتسب أهمية كبرى فيما يتصل بالفيتامين .

وسوف نتناول في الفصل القادم الصلة بين الانزيم المساعد والفيتامين .



## الفصل العاشر

### نصل الكيمياء الحيوية

ذهبت ذات ليلة لمشاهدة أحد العروض المسرحية ، وبينما كنت أنتظر رفع الستار تقدمت منى سيده قد صبغ البياض شعرها وسألتني : « دكتور عظيموف ؟! لقد كنا زملاء في المدرسة ! »

وقلت لها بدماعة خلقي المبهودة : « صحيح ؟! - انك لا تبدين بهذه السن ! »

فقلت : « كنت في المدرسة الابتدائية بى اس ٢٠٢٠ »

وأثارت السيدة فضولي ، حيث كنت بالفعل في هذه المدرسة فيما بين الثامنة والعاشر من عمري . وقلت لها ذلك .

فقلت : « أنا متأكدة من ذلك .. وأذكرك تماما ، لأنك رددت ذات مرة بعنف على المدرسة حين قالت على إحدى المدن انها عاصمة إحدى الدول ، فما كان منك الا أن اعترضت بعنف وتجادلتما أنتما الاثنان . وفي راحة الغدाम ، ذهبت انت الى المنزل وأحضرت أطلس كبيرا لتريها انك على حق ! لا أنسى هذه الواقعة مطلقا »

ورددت بشيء من الأسى : « لا .. لا أتذكرها بأمانة .. ولكنني بالفعل كنت ذلك التلميذ المشاغب ، لأنني كنت الولد الوحيد في المدرسة الذي تدفعه حماقته الى مهاجمة المدرسين واحصرهم ، لأنني كنت أرفض الاعتراف بالخطأ اذا كنت متأكدا من أني على صواب »

وفى الاستراحة بين فصلين من العرض المسرحي ..  
أثبت أنى مازلت على حماقتى ! فقد تقدمت منى سيدة أخرى  
وطلبت منى التوقيع على أوتوجراف ، ووقمت بالطبع ،  
فقلت : « أتدرى يا دكتور عظيموف .. انك ثانى انسان  
أطلب منه التوقيع على أوتوجرافى » .

فسألتها : « من كان الآخر » .

فقلت : « لورانس أوليفيه » .

فتبسمت وهممت بشكرها ولكنى سمعت نفسى أرد  
عليها بقولى : « أى فخر سيشعر به أوليفيه لو علم أى صاحب  
اقترن به » .

لم أكن أقصد بذلك سوى المزاح بالطبع ، لكن السيدة  
انصرفت فى صمت لا يعلو وجهها سوى مسحة من ابتسامة ،  
وعلمت فى تلك اللحظة كم عززت سمعتى دنيا الفراغ .

فلا يمتقد أحد اذن أنى لا أشعر بشيء من القلق كلما  
جلست لأكتب واحدا من هذه الفصول حيث أتساءل هل  
سيبتلى هذه المرة ما أتمتع به من حماقة فى طبعى ؟ لعل  
ذلك لا يحدث وأنا أكتب الفصل الرابع والآخر فى موضوع  
الفيتامين .

### ★★★

تتكون جزيئات البروتين كلها ، أو معظمها من واحدة  
أو أكثر من سلاسل « الأحماض الأمينية » .

ويتألف الحمض الأمينى فى أحد أطرافه من « مجموعة  
أمينية » تتكون من ذرة نيتروجين وذرتى هيدروجين (نيدى) ،  
ومن « مجموعة حامض الكربوكسيليك » فى الطرف الآخر  
وتتكون من ذرة كربون وذرتى أكسجين وذرة هيدروجين  
(كأى د) . وثمة ذرة كربون منفردة تربط بين المجموعتين .

وتتصل هذه الذرة ايضا بذرة هيدروجين من جانب  
« وبسلسلة جانبية » من جانب آخر .

وقد تكون هذه السلسلة الجانبية مقصورة على ذرة  
هيدروجين . او قد تكون واحدة من مجموعات شتى من  
الذرات التى تحتوى على كربون . والأحماض الأمينية  
الموجودة فى جزيئات البروتين تختلف فيما بينها باختلاف  
هذه السلاسل الجانبية ، وبذلك يصل عدد أنواع الأحماض  
الامينية المختلفة الى عشرين نوعا .

وتتحد الأحماض الأمينية مع بعضها عندما تتحد المجموعة  
الأمينية لأحد هذه الأحماض مع مجموعة حامض الكربوكسيليك  
فى الحامض الأمينى الآخر . وبذلك تتكون سلسلة من  
الأحماض الأمينية المتحدة وأهم ما فى الأمر أن السلاسل  
الجانبية تظل كما هى .

وتميل سلاسل الأحماض الأمينية الى الانتشاء والالتواء ،  
بحيث تكون جسما ثلاثى الأبعاد تبرز منه السلاسل الجانبية  
كالزغب . وتتسم بعض السلاسل الجانبية بصغر الحجم ،  
والبعض الآخر بالضخامة نسبيا ، ويحمل بعضها شحنة  
كهربية موجبة وبعضها شحنة سالبة وبعضها لا يحمل أية  
شحنات كهربية . ومن شأن بعض هذه السلاسل الجانبية أن  
تذوب فى الماء ولا تذوب فى الدهون ، بينما يذوب البعض  
الآخر فى الدهون دون الماء .

ويشكل كل تآلف من الأحماض الأمينية نوعا من  
البروتين يتسم بنمط مختلف من السلاسل الجانبية على  
سطحه . ويتصف جزيء البروتين فى كل نمط بخصائص  
مميزة مختلفة عن سواها .

ولما كانت كل سلسلة تتكون من مئات الأحماض الأمينية  
الجانبية ، التى ينقسم كل منها الى عشرين نوعا ، فان عدد  
التآلفات المحتملة يصل الى رقم خيالى . ولو تمسورنا أن

السلسلة تتكون من عشرين حامضا أمينيا فقط ، اى واحد من كل نوع ، لزيد عدد التالقات المحتملة على ٢٥ بليون بليون .

ولنا أن نتخيل عدد التالقات المحتملة لو ان السلسلة تتكون من عشرات الأنواع من الأحماض الامينية . لقد حاولت ذات مرة حساب مثل هذا العدد فى جزئ واحد من الهيموجلوبين فوجدت أنه يصل الى ٦٢٠ ( أى واحد وعلى يمينه ٦٢٠ صفرا ) . ولو أحصينا عدد كل جزيئات الهيموجلوبين الموجودة فى كل الكائنات المحتوية على هيموجلوبين ، والتي عاشت على الأرض على مدى التاريخ . . لوجدناه رقما لا يذكر مقارنة بهذا العدد .

ويفسر ذلك لماذا يعد علم الكيمياء الحيوية على هذه الدرجة من التشعب والتعقيد ، ولماذا يمكن للحياة ذاتها أن تنقسم على مدى ثلاثة ملايين سنة — بدءا من نشأة أبسط جزيئات البروتين — الى عشرات الملايين من الأجناس المتباينة ، وهى حاليا تشمل ما يربو على مليونين من الأجناس المختلفة .

وثمة أنواع شائعة من البروتين تشكل حجما ضخما من المادة فى الكائنات الحية بصفة عامة . ومن هذه البروتينات على سبيل المثال الكيراتين الموجود فى الجلد والشعر والاضافر والقرون والريش ، والكولاجين الموجود فى الفصارييف والأنسجة ، والميوسين الموجود فى العضلات ، والهيموجلوبين الموجود فى الدم .

وبنفس النظر عن تلك الأنواع الشائعة ، فإن الغالبية العظمى من شتى أنواع البروتينات هى انزيمات ، ولذلك هناك حوالى ألفين من أنواع الانزيمات المعروفة والتى تمت دراستها ، ناهيك عما لم يتوصل العلماء بعد الى عزله ودراسته . علاوة على ذلك ، فإن كل انزيم قد ينقسم الى عدد من الأنواع ذات الاختلافات الطفيفة .

كل انزيم اذن من شانه ان يرتبط بعدد محدود للغاية من الجزيئات ، أو حتى بجزء واحد ، يهيء لها ، أو له فقط ، الوسط المناسب الذى يعجل ويحفز التغير الكيميائى المحتمل . وقد يحدث التغير الكيميائى مع ذلك ، فى غياب هذا الانزيم ولكنه سيكون بطيئا للغاية .

ولما كان عدد مثل هذه الأسطح المعروفة حاليا ، لا يذكر قياسا بما يمكن أن يكون ، فمازال المجال مفتوحا لمزيد من التطور ومن تكوين عدد لا نهائى من الأجناس الجديدة .

ولو كانت ملايين الكواكب الموجودة فى مجرتنا تصلح للحياة القائمة على جزيئات البروتين ، لوجدنا كل كوكب يزخر بملايين من الأجناس المختلفة اختلافا كليا عن تلك الموجودة فى الكواكب الأخرى .

ولقد ذكرنا فى الفصل السابق أن البروتينات تنقسم الى « بروتينات بسيطة » و « بروتينات مترابطة » وثمة أنواع متباينة من البروتينات المترابطة التى تختلف فيما بينها باختلاف المجموعات التى لا تنتمى للأحماض الامينية . وبالتالي فان جزيئات البروتين المتحدة مع الأحماض النووية تكون « النيوكليوبروتين » ، وتلك المتحدة مع مركبات من نوع السكر تكون « الجليكوبروتين » ، أما تلك المتحدة مع مجموعات الفوسفات فهى تكون « الفوسفوبروتين » وهلم جرا .

راينا أيضا فى الفصل السابق أن الجزء غير المنتمى للعناصر الأمينية ينقسم الى نوعين وفقا لقوة اتصاله مع البروتين ، فلو كان متحدا معه بقوة فهو يسمى « المجموعة المضافة » ، أما لو كان الاتصال ضعيفا ويمكن انفصاله بسهولة - وينطبق ذلك بصفة عامة فى حالة الانزيمات - فيطلق عليه « الانزيم المساعد » .

وقد تختلف تركيبة الانزيم المساعد اختلافا كبيرا من تركيبة البروتينات ، ومع ذلك تظل سلسلة الحامض الاميني في الانزيم تمثل السطح اللازم لتحفيز التفاعل الكيميائي ، وتظل هي التي تحدد اختصاص الانزيم ( أى قدرته على العمل مع نوع واحد من الجزيئات ، أو على أقصى تقدير مع عدد محدود للغاية من أنواع الجزيئات ) - وعندما يتحدد الجزيء الملائم يبدأ الانزيم المساعد فى اتمام التفاعل الكيميائي المنشود \*

ولتقريب تلك المسألة الى الفهم يمكن تشبيه الانزيم بهراوة خشبية ، فالهراوة تصلح بذاتها - ودون اضافات عليها - لأن تؤدى الغرض منها ، كأن تستخدم لضرب عدو على رأسه ليثوب الى رشده ، ولتكن ألا تكون الضربة أكثر تأثيرا لو دعمت رأس الهراوة بجزء غير خشبي ، من المعدن أو العظم أو الحجر مثلا - ويمكن أيضا ربط شفرة حادة بالهراوة الخشبية بحيث تتحول الى سكين أو ماشابه ذلك \*

ولا يفيد المقبض الخشبي - فى حد ذاته - كثيرا لأداء مهمة السكين ، كما أن النصل وحده قد يكون صعب الاستخدام ، أما الاثنان معا فهما يؤديان الغرض كأحسن ما يكون الأداء \*

ووفقا لهذا التشبيه ، فالحامض الأميني فى الانزيم يمثل مقبض السكين ، بينما يمثل الانزيم المساعد نصل السكين ، ولكن لا ننسى أن بعض الانزيمات لا تحتاج اضافات لتؤدى مهمتها \*

ويفضل دائما عند دراسة الانزيمات أن تكون العينة التي يجرى عليها البحث نقية بقدر المستطاع - وليس ذلك بمسألة هينة ، حيث ان الانزيم موجود فى الخلايا بدرجة

تركيز ضعيفة للغاية ، فضلا عن وجود مواد كثيرة معه  
كأنواع عديدة من الانزيمات الأخرى والبروتينات التي  
ليست بانزيمات ، ناهيك عن الجزيئات الكبيرة الأخرى مثل  
الأحماض النووية ، والجزيئات الصغيرة مثل جزيئات السكر  
والدهون والأحماض الأمينية المنفردة . الخ .

وقد ابتكرت طرق عديدة لفصل أنواع البروتينات عن  
بعضها وعن الجزيئات الكبيرة الأخرى . وباختبار كل شريحة  
منها ، لمعرفة أيها سيأتي بأفضل نتيجة في التفاعل المعنى ،  
يمكن الوصول شيئا فشيئا الى الانزيم المنشود ، والحصول  
عليه بشكل نقي ومركز نسبيا .

غير أننا نريد التوصل الى جزيئات الانزيم نفسه ،  
ولا شيء معها باستثناء الماء ليظل الانزيم على هيئة محلول .  
أى نريد التخلص أيضا من كل الجزيئات الصغيرة ، بل لو  
امكن أيضا التخلص من الماء ستكون النتيجة أفضل ، حيث  
نحصل على جزيئات الانزيم فى هيئة بلورية ، أى مادة  
الانزيم ذاتها .

وللتخلص من الجزيئات الصغيرة استخدم علماء الكيمياء  
الحيوية « الأغشية شبه المنفذة » ، وهى أغشية رقيقة للغاية  
وجزيئاتها متصلة مع بعضها بشكل ضعيف بحيث تتيح وجود  
فراغات بالغة الدقة لا ترى بالعين المجردة . ويبلغ من دقة  
هذه الفراغات أنها لا تسمح للجزيئات كبيرة الحجم - مثل  
جزيئات البروتين المكونة من مئات، بل آلاف الذرات - بالمرور  
منها ، بينما قد تتمكن « الجزيئات الصغيرة المكونة من عشرات  
الذرات مع النفاذ عبرها » وقد سميت هذه الأغشية شبه  
منفذة لأنها تسمح بمرور بعض الجزيئات دون غيرها ،  
ويطلق عليها أيضا « الأغشية الفارزة » .

والآن ، لو استخدمنا كيسا مصنوعا من غشاء فارز  
ووضعنا فيه محلول أنزيم ثم ربطناه وعلقناه فى وعاء كبير.

به ماء ، فان بعض الجزيئات الصغيرة سوف تتسرب من داخل الكيس الى الماء خارجه مع استمرار وجود الجزيئات الكبيرة داخله .

ومن غير المستبعد بالطبع أن تعود بعض الجزيئات الصغيرة الى داخل الكيس ، غير أن هذه الحركة من الكيس واليه سوف تستمر الى أن يحدث توازن في تركيز هذه الجزيئات الصغيرة بين المحلول داخل الكيس والماء خارجه . ولما كان الحجم داخل الكيس يقل كثيرا عنه خارجه ، فذلك يعنى أن معظم الجزيئات الصغيرة ستكون في الماء خارج الكيس بعد استقرار التوازن .

ويمكن بعد ذلك تغيير وعاء الماء واعادة التجربة ، فتخرج كمية أخرى من الجزيئات الصغيرة من داخل الكيس لتقل نسبتها مرة ثانية . ومع تكرار هذه العملية ، يمكن في النهاية تخليص محلول الانزيم من كل الجزيئات الصغيرة . وقد يكون من الأسير وضع الكيس في وعاء ماء جار ، أى يدخل الماء من فتحة في الوعاء ويخرج من أخرى . وتسمى هذه العملية « الديليزة » (dialysis) .

غير أنه حدث في عام ١٩٠٤ أن استخدم عالم الكيمياء الحيوية الانجليزي « آرثر آردن » ( ١٨٦٥ - ١٩٤٠ ) هذه الطريقة لتنقية انزيم الزيماس ( الذي أشرنا اليه في الفصل السابق ) ، ولما انتهت عملية التنقية فوجيء بأن الزيماس داخل الكيس لم يعد يؤدي الى التخمر ، وعندما أضاف له الماء الموجود خارج الكيس عادت الفعالية للمحلول .

وبدا من تلك التجربة أن انزيم الزيماس يتكون من جزمين ، ولكن الارتباط بينهما ضعيف لدرجة أن مجرد حركة الديليزة الخفيفة كانت كفيلا بفصلهما عن بعضهما . وبدا أيضا أن أحد الجزمين يتكون من جزيئات كبيرة لم تنفذ من الغشاء بينما يتكون الجزم الثاني من جزيئات صغيرة



تسربت من الفشاء ، وان وجودهما معا ضرورى للاحتفاظ  
بفاعلية الانزيم .

علاوة على ذلك فقد تبين أن الزيماس الموجود داخل  
الكيس يفقد فاعليته مع التسخين بما يتم عن أنه بروتين ،  
وهو أيضا لا يستعيد الفعالية بالتبريد ، حتى بعد اضافة  
المحللول الموجود خارج الكيس .

أما المادة الموجودة خارج الكيس ، فرغم تسخينها لدرجة  
الغليان ثم تبريدها الى درجة الحرارة العادية ، ظلت محتفظة  
بقدرتها على اعادة الفعالية للزيماس ( بشرط ألا يكون قد  
تم تسخين الزيماس نفسه ) . انها اذن مادة غير بروتينية .

واستنتج أردن أن انزيم الزيماس يتكون من شقين : شق  
بروتينى وشق غير بروتينى ، وقد أطلق على الشق غير  
البروتينى « الزيماس المساعد » (cozymase) باعتبار أن  
بادئة الاسم « كو » تعنى فى اللاتينية « مساعد » ، وذلك لأن  
الشقين يشتركان معا فى الأداء .

ونتيجة هذا البحث ، وأعماله الأخرى فى مجال التخمير  
والانزيمات ، كان لأردن نصيب فى جائزة نوبل للكيمياء عن  
عام ١٩٢٩ .

وقد أظهرت الأبحاث بعد ذلك أن خاصية الأداء المشترك  
بين جزء بروتينى وجزء غير بروتينى ليست مقصورة على  
الزيماس ، بل تنطبق على عدد آخر من الانزيمات ( ولكن  
ليس كلها ) . وقد أطلق على الجزء البروتينى فى مثل هذا  
النسوع من الانزيمات « أبوانزيم » (apoenzyme) وتعنى  
البادئة « apo » فى اليونانية « انفصال » ، بينما ظل الجزء غير  
البروتينى معروفا باسم « الانزيم المساعد » . وأطلق بعد  
ذلك على « الزيماس المساعد » اسم « الانزيم المساعد » . أما  
الشقان معا فقد أطلق عليهما اسم « هولو - انزيم » (holoenzyme)

حيث تعنى البادئة « holo » فى اللاتينية « الكامل » أو « التام » وقد صار الان اسم « الانزيم المساعد » هو الاسم الأكثر شيوعا فى عالم الكيمياء الحيوية ، ونادرا ما يستخدم اسم « ابو - انزيم » أو « هولو - انزيم » .

وكان شريك أردن فى جائزة نوبل لعام ١٩٢٩ هو الكيميائى السويدى الألمانى هانز كارل فون أويلر - شيلبين ( ١٨٧٣ - ١٩٦٤ ) الذى كرس أبحاثه لدراسة البنية الذرية للانزيم المساعد .

وتوصل أويلر - شيلبين فى عام ١٩٣٣ الى أن الانزيم المساعد شديد الشبه فى بنيته بالأحماض النووية مع وجود بعض الاختلافات من أبرزها أنه يحتوى فى تركيبته على مجموعة بايريدين تتألف من حلقة بها خمس ذرات كربون وذرة نيتروجين ، كما أنه يحتوى على مجموعتى فوسفات ، ولذلك يمكن تسميته « داي فوسفو - بايريدين نيوكليوتايد » أو باختصار دى . بى . ان (DPN).

وثمة انزيم مساعد آخر ، يعرف باسم « الانزيم المساعد ٢ » ، يختلف عن دى . بى . ان . فى أنه يحتوى على مجموعة فوسفات ثالثة ، ولذلك يطلق عليه « تراي فوسفو - بايريدين نيوكليوتايد » أو « تى . بى . ان » .

وقد اكتشف أن ال دى . بى . ان . أو ال تى . بى . ان . يشكلان الانزيم المساعد فى حوالى مائتى انزيم معروف حتى الآن . وتتمثل مهمة ال دى . بى . ان . و ال تى . بى . ان . فى نقل ذرتى هيدروجين من جزيء الى آخر . ويعد هذا النوع من التفاعل الكيميائى أساسيا فى عملية انتاج الطاقة ، وتسمى الانزيمات التى تنجز هذه العملية « ديهيدروجيناز » ( dehydrogenases ) .

ومن أهم سمات ال دى . بى . ان . و ال تى . بى . ان . أن حلقة الباييريدين التى تمثل جانبا من الجزيء ، اتضح بعد فصلها أنها تكون جزيء النيكوتيناميد ، وهو الفيتامين الذى

أشيرنا إليه في الفصل السابع ، وذكرنا ان نقصه في الغذاء  
يؤدى الى الاصابة بمرض الحصاف .

وذلك معنى أنه لو نقص النيكوتيناميد في الغذاء ،  
لا يستطيع الجسم تكوين الـ دي . بي - ان - أو الـ تي . بي - ان -  
ومن ثم تتوقف الانزيمات المعنية عن العمل ، وتفشل الخلايا  
فى أداء وظائفها بشكل طبيعى ، وبالتالي يبدأ ظهور  
أعراض الحصاف .

ملاوة على ذلك ، فمع اكتشاف بنية المزيد والمزيد من  
الانزيمات المساعدة اتضح أنها تحتوى عادة على أنواع شتى  
من الفيتامينات . وذلك معنى ان الغذاء لابد أن يحتوى على  
الفيتامينات اللازمة لتكوين الانزيمات المساعدة التى تتيج  
لبعض الانزيمات الرئيسية أو الانزيمات الأخرى أن تؤدي  
وظائفها ، أى انه بدون الفيتامينات لن تتم بعض التفاعلات  
الرئيسية فى الخلايا ، بما يفسح المجال للاصابة بالأمراض  
بل وحدث الوفاة .

ولما كانت الانزيمات عبارة عن محفزات ، فإن الجسم  
لا يحتاجها الا بكميات ضئيلة ، وذلك معنى ان الانزيمات  
المساعدة - وبالتالى الفيتامينات - ليست مطلوبة الا بكميات  
ضئيلة ، غير أن هذه الكميات ، مهما كانت ضئيلة ، تعبد  
أساسية للحياة .

وبعض الانزيمات لا تؤدي وظائفها بشكل سليم الا مع  
وجود ذرة أحد المعادن فى بنيتها ، وذلك يوضح مدى أهمية  
وجود كميات طفيفة من بعض أنواع المعادن فى الغذاء مثل  
النحاس والمنجنيز والموليبدنوم . وفى المقابل هناك بعض  
السموم التى تكفى كميات ضئيلة منها لانهاى حياة الانسان  
عن طريق ابطال مفعول الانزيمات والانزيمات المساعدة .

ولكن لماذا لا يستطيع الجسم البشرى تكوين نسبة  
النيكوتيناميد فى الانزيم المساعد ، رغم أنه يكون بقية  
الجزء بلا مشاكل ؟

من شأن بعض صور الحياة ان تكون كل البنات الجزيئية المعقدة التي تحتاجها في وظائفها ، وتبدأ تلك العملية باستخدام أبسط الجزيئات الموجودة في البيئة حتى من قبل وجود الحياة نفسها .

فالنبات على سبيل المثال يعتمد على الماء وثاني أكسيد الكربون وبعض العناصر المعدنية الموجودة في البحر أو التربة ، ويستخدم الطاقة المستمدة من أشعة الشمس ، وهي موجودة أيضا من قبل ظهور الحياة ، ليكون كل العناصر التي يحتاجها .

وتحصل الكائنات الحية الدقيقة والخلايا الحيوانية - التي لا تصلح أشعة الشمس كمصدر وحيد للطاقة التي تحتاجها - على الطاقة عن طريق أكسدة المواد العضوية التي تنتجها أصلا النباتات . وبهذه الطاقة تبدأ تلك الكائنات في تكوين الجزيئات المعقدة ، باستخدام المواد والعناصر البسيطة نسبيا . انها اذن تعتمد على عالم النبات للحصول على الطاقة وبالتالي لتعيش .

( وهناك بعض أنواع قليلة من الكائنات الدقيقة تعتمد في الحصول على الطاقة على تفاعلات كيميائية لا تشمل أية عناصر عضوية ) .

ولو تصورنا أن أحد الكائنات يحتاج نوعا من الجزيئات بكميات ضئيلة ، ويمكن أن يحصل عليها جاهزة من الطعام الذي يأكله ، اليس من الوارد اذن أن يفقد ذلك الكائن قدرته على صنع هذه الجزيئات اعتمادا على انه سيحصل عليها من الغذاء الذي يتناوله ؟ وكلما كان الحيوان أرقى وأكثر تمقيدا في بنيته ازداد هذا الاتجاه لديه .

بماذا نفسر ذلك ؟ في اعتقادنا الشخصى انه كلما كان الكائن أكثر تمقيدا ، زادت حاجته من الانزيمات لتواجه تعدد الوظائف . فالحيوانات ، على سبيل المثال ، تتميز على

النبات بأن لها عضلات وجهازا عصبيا ، وبالتالي فهي بحاجة لتفاعلات تستوجب وجود انزيمات يعيش النبات بدونها .

وإذا كان هناك بعض العناصر من مكونات الخلايا مطلوبة بكميات ضئيلة للغاية ، فلماذا يتكبد الجسم عناء تصنيفها ؟ أليس من الأفضل الحصول عليها من الأغذية ليفسح المجال لتفاعلات كيميائية أخرى أكثر أهمية ؟ .

ومن ثم ، فمن بين الأحماض الأمينية العشرين الموجودة في البروتينات بصفة عامة ، يتميز الجسم البشرى بالقدرة على بناء ١٢ منها باستخدام أجزاء من جزيئات أخرى يحصل عليها من الأغذية . ولو كان الطعام لا يحتوى على واحد أو أكثر من هذه الأحماض فإن الجسم يتولى تصنيفها ذاتيا .

أما الأحماض الأمينية الثمانية الأخرى ، فلا يستطيع الجسم البشرى تعويضها ، ولذلك لا بد من وجودها بكميات كافية فى الطعام . ومن ثم تسمى هذه الأحماض « الأحماض الأمينية الأساسية » ، لأنها أكثر أهمية من ال ١٢ الأخرى، ولكن لأن وجودها فى الغذاء هو الأساسى لدرء الإصابة بالأمراض والنجاة من الموت .

أما لماذا هذه الثمانية ، فلأنها الأحماض الأمينية التى يحتاجها الجسم بأقل كميات ، وبالتالي استغنى عن تصنيفها باعتبار أن الحصول عليها من الأغذية أضمن من الحصول على أنواع أخرى مطلوبة بكميات أكبر .

وإذا كانت الأغذية التى تحتاجها معظم الحيوانات مقصورة على ما هو متاح فى الطبيعة ، فإن الانسان يتميز بالقدرة على الاختيار والمعالجة ، فهو يطهو ويشوى ويقلى ويجفف ويضع السكر والملح ليحصل على الأنفع والأشهى من المأكولات .

علاوة على ذلك ، لدينا اليوم الفيتامينات الصناعية والأقراص المعدنية الخ . ومع ذلك ، فما زالت الاحتمالات

قائمة للأمراض الناجمة عن نقص في بعض  
العناصر في الأغذية ، وذلك اما بسبب الجرى وراء المذاق  
دون حساب الأضرار ، أو نتيجة نقص في كميات وأنواع  
الأغذية في البيئة المحيطة ، أو من جراء حالة اقتصادية  
حرجة . ولكن أصبح لدينا على الأقل المعرفة التي تمينا على  
تجنب مثل هذا المصير لو حظينا بالمال والعقل .

الجزء الثالث

الكيمياء الأرضية





## الفصل الحادى عشر

### بعيدا ، بعيدا الى أسفل

التقيت منذ بضع سنين مع أحد منتجى هوليوود وطلب منى أن أكتب « معالجة » لرحلة الى جوف الأرض بحيث يمكن تحويلها الى فيلم سينمائى .

وقلت له انه قد سبق انتاج فيلم ناجح فى هذا الموضوع ، وقام ببطولته « جيمس ماسون » و « بات بون » . فقال انه يعرف ذلك ولكن فن المؤثرات الخاصة قد حقق تقدما مذهلا ، بما يتيح انتاج فيلم أكثر ابهارة .

فسألته : « هل تريد معالجة صحيحة من الناحية العلمية ؟ » فأجاب بعقريية : « بالطبع » ، وهو لا يعرف فى حقيقة الأمر ما الذى يزج بنفسه فيه .

وقلت له : « فى هذه الحالة ، لن تكون هناك رحلات الى مغارات سحيقة تحت الأرض ولن تكون هناك ثقوب بالفة العمق ولا عوالم داخلية أو بحار تحتية أو دينوصورات أو أهل كهوف . فالأرض ستكون عبارة عن مادة جامدة ، ولا شئ غير المادة طوال الطريق مع ارتفاع درجات الحرارة بالآلاف الدرجات » .

فتردد الرجل وقال بصوت متلجلج : « هل يمكن كتابة قصة مشوقة عن مثل ذلك ؟ » .

فقلت له بهدوء الواثق المحنك : « بكل تأكيد » .  
قال : « اتفقنا » .

ولفقت معالجة أعتقد أنها كانت مشوقة وعلمية بدرجة معقولة ، فيما عدا أنى ابتكرت مركبات تخرق الصخور

وتحتفظ بدرجة الحرارة العسادية رغم ما يحيطها من مواد منصهرة \*

وقد قاومت نفسى بشدة لتحجيم خيالى الجامح حتى لا أضع مزيدا من اللامعقول ، وما أن بدأت الفكر فى انه سيكون هناك أخيرا فيلم يصور بأمانة علمية جوف الأرض ، حتى شعرت أن مراكز القوى فى هوليسود سترفض بشدة تهتز لها منهاتن فى نيويورك \*

واعتقد أنه لو كتبت قصة أخرى عن مثل تلك الرحلة فلايد أن تصور الأرض مفرغة ، تتوسطها شمس صغيرة مشعة وتحتوى على بحار تحتية ودينوصورات وأهل كهف ، علاوة على ممثلات جميلة لا يكسوهن سوى ورق التوت \*

غير أنى لن أشارك فى مثل هذا العمل !!



ولمنا نستهل الحديث فى هذا الموضوع بسؤال : ما الذى يجعل الناس يفتقدون أن الأرض مفرغة ؟

قد ترجع الجذور الأولى لمثل هذا الاعتقاد الى وجود الكهوف ، وبعضها يتسم بدرجة من الضخامة والتشعب المعقد حتى انها لم تكتشف بشكل كامل - ولما كانت بعض الكهوف المعروفة تصل الى أعماق بالغة ، فقد أفسح ذلك المجال لتصوير وجود كهوف أعمق فى أماكن لم يكتشفها الانسان \*

ومن ناحية أخرى فلا شك أن الفكرة الشائعة عن وجود عالم سفلى تسكنه أرواح الموتى قد بعثت أيضا على الاعتقاد بأن الأرض مفرغة ، لا سيما بعدما اكتشف أن الأرض كروية - وقد تكون « الكوميديا الالهية » ، التى ألفها « دانتي » ، من أهم الأعمال الأدبية التى صبورت الأرض مفرغة وبداخلها الجحيم الأخرى \*

وأخيرا ، فإن تصور الأرض ككرة مفرغة يتضمن نظرة

درامية حيث يفتح الباب على مصراعيه للخيال وكتابة القصص المشوقة والمغامرات المثيرة .

وربما كانت أول قصة عن الأرض المفرغة هي تلك التي ألفها الكاتب الدانمركي « لودفيج هولبيرج » ( ١٦٨٤ - ١٧٥٤ ) باللغة اللاتينية بعنوان: « Nicholas Klim Underground » وقد نشرت هذه القصة في عام ١٧٤١ ، ومرعان ما ترجمت الى العديد من اللغات الأوروبية . وقد تصور « هولبيرج » في هذه القصة وجود شمس صغيرة في مركز الكرة الأرضية، يدور حولها عدد من الكواكب الضئيلة بما يكون نظاما شمسيا مصغرا .

وتناول جون كليف سيمز ( ١٧٤٢ - ١٨١٤ ) هذه الفكرة بمنظور علمي ، حيث كان مازال على اعتقاده بأن الأرض ليست كروية ولكن على هيئة طوق مقفول ، وأن هناك ثقبين بالنى الضخامة عند القطبين الشمالي والجنوبي ، أو بالقرب منهما ، وأن الثقبين متصلان ببعضهما .

وكان سيمز ينساق وراء هذا الاعتقاد وهو مرتاح البال ، حيث كانت المناطق القطبية ، في ذلك الحين من المجهول الفامضة ، ولم تكن هناك أية وسيلة للتحقق من صحة وجود هذين الثقبين . وقد بدأ كتاب سيمز مقنعا للغاية في ذلك الحين ، فمن المادات السائدة منذ قديم الأزل أنه كلما كانت الرواية متسمة بالشطط ازداد ميل الناس الى تصديقها .

ولاقت الفكرة رواجاً عند كتاب الخيال العلمي . فهذا « اندجار ألان بو » ( ١٨٠٩ - ١٨٤٩ ) يصف في كتاب نشره عام ١٨٣٣ بعنوان : « Ms Found in a bottle » حنة سفينة وقعت في دوامة ضخمة في المناطق القطبية . وكان هناك اعتقاد بأن المحيط يصب مياهه باستمرار في « الثقب الشمالي » وفقا لنظرية سيمز ( وكان لابد من تصور عودة

المياه الى سطح الأرض في مكان آخر والا لكانت المحيطات قد جفت منذ أمد بعيد ) \*

وابتعد « جول فيرن » ( ١٨٢٨ - ١٩٠٥ ) في رواياته عن الثقوب الموجودة في قاع البحار ، ولكنه تصور في قصته التي نشرها عام ١٨٦٤ بعنوان : « رحلة الى مركز الأرض » دخول بعض المسافرين الى جوف الأرض عن طريق فوهة بركان يقع أيضا في القطب الشمالي ، ويكتشفون في رحلتهم وجود محيط داخل الكرة الأرضية ، ويصادقهم العديد من الحيوانات الغريبة فضلا عن أناس من أهل الكهف \*

ومن أحدث الكتب نسبيا التي دارت حول نفس الموضوع تلك السلسلة من القصص التي ألفها ادجار رايس بوروز ( ١٨٧٥ - ١٩٥٠ ) ، وبدأها بقصة عنوانها : « في جوف الأرض » ونشرت لأول مرة في ١٩١٤ \*

والغريب أنه قد ثبت يقينا منذ عام ١٧٩٨ أن الأرض ليست مفرغة وأن سيمز يقول شططا \*

كان أول من حسب كتلة الأرض بدرجة دقة معقولة هو الفيزيائي الانجليزي « هنري كافنديش » ( ١٧١٣ - ١٨١٠ ) ، حيث أعلن في عام ١٧٩٨ انها تقدر بـ ٦ بلايين تريليون طن ، ولعل أقرب رقم صحيح لكتلة الأرض هو ٥٩٧٦ × ١٠<sup>٢١</sup> ( أى ٦ بلايين تريليون تقريبا ) \* وبقسمة ذلك الرقم على مقدار حجم الأرض يتضح أن متوسط كثافة مادة الأرض يعادل ٥٥١٨ كيلوجراما / المتر المكعب \*

غير أن كثافة الصخور على سطح الأرض تساوى تقريبا ٢٦٠٠ كجم/م<sup>٣</sup> ، بينما تربو قليلا كثافة مياه المحيطات على ألف كجم/م<sup>٣</sup> \* وبمقارنة هذه الأرقام يثبت لنا أن الأرض لا يمكن أن تكون مفرغة ، بل العكس هو الصحيح ، أى أن جوف الأرض لابد انه يتكون من مواد ذات كثافة تفوق كثيرا كثافة المواد الموجودة على السطح \*

ولننظر الى المسألة بطريقه اخرى ، فلو افترضنا ان كتلة الأرض هي ٦ بلايين تريليون طن وأن هذه الكتلة تتركز ( بطريقه ما ) فى قشرة رقيقة نسبيا تفلت فراغا داخليا ، ماذا كان سيحدث ؟ ان قوة الجاذبية بالنسبة لمثل هذا المقدار من الكتلة ستكون من الضخامة بحيث تؤدي الى انهيار هذه القشرة وانقباضها وتقلصها الى كرة ( أو الى جسم بيضاوى نتيجة الدوران حول محوره ) - وبالتالي فمن غير الوارد مطلقا وجود أية تجاويف داخلية والا لكانت الجاذبية قد سحقتها -

صحيح أن هناك كهوفا ومغارات غير أنها لا تمثل الا ظواهر سطحية بحته كنوع من عدم الانتظام فى القشرة الأرضية شأنها فى ذلك شأن الجبال والوديان -

### \*\*\*

ولو تجاهلنا جنون العلماء وجموح كتاب الخيال العلمى ، واعتبرنا الأرض بهذه الكثافة وانها غير مفرغة ، نجد أنفسنا أمام السؤال الثانى : ما الذى يتكون منه جوف الأرض ؟

ليست هناك اجابة سهلة على هذا السؤال ، فليس هناك من وسيلة تمكننا أن نتعرف بشكل مباشر على مادة الأرض فى أعماق تزيد على بضعة كيلو مترات تحت سطحها - ويشعر العلماء اليوم بشيء من الحرج ، فبينما هم قد انطلقوا فى الفضاء ، وقطعوا ٣٨٠ ألف كيلو مترا فوق سطح الأرض وأحضروا صخورا من على سطح القمر ، لم يستطيعوا أن يتعمقوا لأبعد من ١٥ كم فى جوفها - ومن ثم نعتقد أن الوصول لمركز الأرض على عمق ٦٤٠٠ كم سيبقى أمرا مستحيلا لزمن طويل طويل -

غير أن دراسة سطح الأرض تتيح لنا الخروج ببعض الاستنتاجات - فنحن نعرف على سبيل المثال ، أن القشرة

الأرضية تتسم بطبيعة صخرية ، ولذلك فإن أبسط استنتاج يتبادر الى الأذهان هو أن مادة الأرض كلها هي مادة صخرية . ويقتضى ذلك الاستنتاج أن ترتفع كثافة الصخور كلما ازداد عمقها ، حيث يتضاعف تدريجيا وزن الصخور التي تضغط على الطبقات الداخلية كلما ابتعدنا عن سطح الأرض ، وحلما زاد الضغط ارتفعت الكثافة .

وقد يكون مناسبا أن ندرس رد فعل الصخور عند تعرضها لضغوط عالية . ورغم أن العلماء لم يتوصلوا الا حديثا الى تكوين ضغوط ( ان كانت لحظية ) تقترب من قيمة تلك الموجودة في جوف الأرض ، فقد تبين أن الصخور لن تضغط الى درجة تصل يكثافتها الى القيمة التي تجعل متوسط كثافة مادة الأرض تعادل ٥٥١٨ كم/٣ . من الواضح اذن أن جوف الأرض يتكون من مادة أكثر كثافة من الصخور ، لتتحمل مثل هذه الضغوط العالية .

وفرضت هذه المادة نفسها في وقت مبكر .

فبينما كان الفيزيائي الانجليزي وليم جيلبرت ( ١٥٤٠ - ١٦٠٣ ) يجرى في عام ١٦٠٠ تجاربه على كرة مصنوعة من مادة مغناطيسية تسمى « مغنيتيت » ، أو « حجر المغناطيس » ( وهي خام أكسيد الحديد الموجود في الطبيعة ) لاحظ أن الابرة المغناطيسية تتحرك ، عندما يقربها من الكرة المغناطيسية ، بنفس الطريقة التي تتحرك بها كره فعل للمجال المغناطيسي للأرض . وكان الاستنتاج البديهي بالطبع هو أن الأرض ذاتها هي كرة مغناطيسية .

ولكن لماذا يكون لها خصائص مغناطيسية ؟ لا سيما وأن كل الصخور المكونة لقشرة الأرض لا تتسم من قريب أو بعيد بهذه الخاصية ، باستثناء المغنيتيت ولكنه لا يشكل الا نسبة بالغة الضالة . ومع ذلك نفترض أن جوف الأرض مكون من هذه المادة : تبلغ كثافة المغنيتيت ، بدون أى ضغوط

٥٢٠٠ كجم/م<sup>٣</sup> أى ضعف قيمة كثافة الصخور ، وتظل هذه الكثافة أعلى من كثافة الصخور فى حالة التعرض لضغوط عالية ، ولكنها مع ذلك لا تصل إلى المقدار المنشود الذى يحقق المعادلة المطروحة •

ولنفترض بعد ذلك أن جوف الأرض مكون من كتلة مصمتة من الحديد • فمن شأن الحديد أن يكتسب الخصائص المغناطيسية ، كما أن كثافته تصل فى ظل الضغط العادى إلى ٧٨٦٠ كجم/م<sup>٣</sup> ، أى ثلاثة أمثال كثافة الصخور على سطح الأرض ، وتلك قيمة كافية لتحقيق المعادلة •

وفى العشرينات من القرن التاسع عشر اقتنع العلماء بأن النيازك هى عبارة عن كتل من المادة الصلبة التى تسقط على الأرض من الفضاء الخارجى • وعندما درسوا مثل تلك النيازك توصلوا إلى أنها تنقسم إلى نوعين رئيسيين هما النيازك الحجرية والنيازك المعدنية • ويتكون النوع الأول أساسا من مواد لا تختلف كثيرا عن تلك المكونة لقشرة الأرض ، أما النوع الثانى فهو يتكون فى معظمه من خليط من الحديد والنيكل بنسبة ٩ : ١ • ( ويتميز النيكل أيضا بالخصائص المغناطيسية ، ومن ثم يصلح هذا المزيج ليكون مغناطيسا كوكبيا جوفيا ) •

وكان هناك اعتقاد شائع فى مطلع القرن التاسع عشر بأن الكويكبات السيارة هى عبارة عن بقايا كوكب كان له مدار متوسط بين مدارى المريخ والمشتري ، وأن هذا الكوكب قد انفجر لسبب أو لآخر • وبدأ منطقيا أن يفترض أن الطبقات الخارجية لهذا الكوكب كانت ذات طبيعة صخرية ، بينما تتكون الطبقات الداخلية من الحديد والنيكل ، ومن ثم كانت هذه البقايا مصدرا لتلك النيازك بنوعها •

وفى عام ١٨٦٦ طرح الجيولوجى الفرنسى « جابريل أوجوست دوبريه » ( ١٨١٤ - ١٨٩٦ ) نظرية مقادها أن

الأرض أيضا قد تكون مكونة هي بنيتها الأساسية من غلاف صخري يحيط بجوف من الحديد والنيكل .

غير أنه كان هناك أكثر من مجرد اختلاف كيميائي بين جوف الأرض وسطحها ، ويؤيد ذلك ما بدا واضحا من ان جوف الأرض هو مصدر للحرارة . وتمد الثورات البركانية دليلا على ذلك .

وقد ظهرت بعد ذلك براهين أكثر دقة على وجود الحرارة الجوفية . فلقد كانت هي ، على سبيل المثال ، المصدر الأكثر ترجيحا لذلك القدر الهائل من الطاقة الكائنة وراء الزلازل . ثم كانت تلك الصخور الموجودة على سطح الأرض ، والتي تتسم بنيتها بالشكل البلوري الذي يحتاج الى درجات حراره وضغوط بالغة ، بما يوحي بأنها كانت موجودة في وقت من الأوقات على عمق كبير في جوف الأرض . علاوة على ذلك ، فعندما بدأ الانسان عمليات الحفر بحثا عن المعادن لاحظ أن درجات الحرارة ترتفع كلما ازداد الحفر عمقا .

ولكن من أين تأتي هذه الحرارة ؟ أرجعت احسدى نظريات نشأة الأرض تلك الحرارة الى أن كواكب المجموعة الشمسية كانت كلها في الأصل جزءا من الشمس ، ومن ثم كانت الأرض في بدايتها على نفس درجة حرارة الشمس ثم يردت على مر العصور . وقد انخفضت حرارة القشرة الخارجية بدرجة تتيح تحولها الى الحالة الصلبة ، ولكن بما أن الصخور تعد عازلا حراريا فلم تسمح بتسرب الحرارة الداخلية الا بمعدل بطيء ، ولذلك مازال جوف الأرض ساخنا . وقد حاول بعض العلماء تقدير المدة اللازمة لأن تنخفض درجة حرارة الأرض على نحو ما جرى ، وانتهوا الى أن عمر الأرض لا يتجاوز بضعة عشرات الملايين من السنين .

غير أن نظرية انحدار الأرض من الشمس تراجعت تدريجيا . فقد اتضح أن التفاصيل الميكانيكية المتصلة



يعملية انفصال الكواكب عن الشمس، واستقرارها بعد ذلك في مداراتها الحالية ، وعلى المسافات الحالية ، تعد مسألة بالغة الصعوبة - علاوة على ذلك ، فبحلول العشرينات من القرن العشرين صار واضحا أن درجة الحرارة في جوف الشمس تزيد بدرجة هائلة عن سطحها ، وبالتالي فإن أية كتلة تتطاير من الشمس لن تتحول الى كوكب ولكنها ستتبخر في الفضاء .

أما النظرية المقبولة اليوم ، فترجع في الأصل الى عالم فلك فرنسي يدعى بيير سيمون دي لابلاس (١٧٤٩ - ١٨٢٧) وطرحها في عام ١٧٩٨ ، ثم أدخل عليها عالم الفلك الألماني كارل فريدريك فون فايتسكير ( ١٩١٢ - ) تعديلات كبيرة في عام ١٩٤٤ ، ووضعها في صورتها الحالية .

تقول تلك النظرية ان الشمس والكواكب تكونت كلها في وقت واحد ، عن طريق التراكم التدريجي لأجسام أقل حجما . اذن فدرجة الحرارة العالية في جوف الأرض هي نتيجة تحول الطاقة الحركية الى حرارة .

علاوة على ذلك فقد اتضح في العقد الأول من القرن العشرين أن هناك عناصر مثل اليورانيوم والثوريوم ، ونظائر عناصر أخرى أكثر شيوعا مثل البوتاسيوم والروبيديوم ، تتعرض لانشطارات ذرية اشعاعية يسفر عن تولد الحرارة . صحيح أن كمية الحرارة الناجمة عن تفاعل الكجم الواحد في الثانية الواحدة ضئيلة للغاية ، ولكن اجمالي الانتاج يكفي لتوليد قدر هائل من الحرارة . وظل هذا التولد الحراري مستمرا مع معدل انخفاض محدود على مدى بلايين السنين .

لم تكن درجة حرارة جوف الأرض تنخفض اذن بالسرعة التي استند اليها العلماء فيما مضى ، في تقدير عمر الأرض

بزهاء ٢٥ مليون سنة • اما التقدير الحالي لهذا العمر فهو ٤٦٠٠ مليون سنة ، وهذا هو عمر المجموعة الشمسية ككل •

وبغض النظر عن مصدر الحرارة الجوفية للأرض ، وعن المعدل الذى انخفضت به حتى وصلت الى مقدارها الحالي •• يبقى السؤال مطروحا بشأن حالة جوف الأرض •

ويبحث ارتفاع درجة الحرارة على هذا النحو فى عمق الأرض على الاعتقاد بأن أى شئ يقع على مسافة ٨٠ كم من سطح الأرض أو أكثر ، هو فى حالة منصهرة سائلة ، وذلك يعنى أن الأرض كانت فى الأصل عبارة عن كرة ضخمة من السوائل تحيط بها قشرة صلبة رقيقة نسبيا • غير أن الفيزيائى الأسكتلندى لورد كلفين ( ١٨٢٤ - ١٩٠٧ ) اعترض على تلك الفكرة دافعا بأن مثل تلك القشرة الرقيقة الصلبة ستكون من الضعف بحيث لا تستطيع مقاومة تأثيرات المد والجزر الواردة من الشمس والقمر • والواقع أن شدة تأثير المد والجزر على سطح الأرض تبيث على الاعتقاد بأن الأرض ككل هى عبارة عن كرة صماء من الصلب •

وفى مطلع القرن العشرين ، ساد اعتقاد بضرورة وجود قوة تلاشى تأثير مثل تلك الحرارة الهائلة فى جوف الأرض : وتمكن هذه القوة فى الضغوط العالية • صحيح أن الحرارة مرتفعة لدرجة تصهر الصخور والمعادن ، ولكن فى ظل الضغط العادى على سطح الأرض ، أما الضغوط المتزايدة مع العمق فهى تكفل احتفاظ المواد بحالتها الصلبة حتى مع بلوغ درجة الحرارة فى مركز الأرض ستة آلاف درجة مئوية •

غير أن تلك النتائج أوجدت مشكلة ! كان الكيميائى الفرنسى بيير كورى ( ١٨٥٩ - ١٩٠٦ ) قد أثبت فى عام ١٨٩٥ أن المواد المغناطيسية تفقد خصائصها لو ارتفعت درجات الحرارة عن حد معين ( حد «كورى» ) لسكل مادة ، ويبلغ ذلك الحد بالنسبة للحديد ٧٦٠ درجة ، وتلك قيمة

تقل كثيرا عن درجة الحرارة الجوفية • فهل جوف الأرض  
لا علاقة له بمغناطيسيتها ؟ • شكل هذا السؤال لفترة  
لغزا محيرا •

وكان العلماء قد بدءوا في أواخر القرن التاسع عشر  
يدرسون بالتفصيل ظاهرة الزلازل ، وسرعان ما اكتشفوا  
بطريق الصدفة تقنية جديدة لدراسة جوف الأرض •

وكان أول جهاز فعال لقياس الزلازل عن طريق رصد  
موجات الاهتزاز الناجمة عنها ، قد ابتكر عام ١٨٥٥  
واخترعه الفيزيائي الايطالي لويجي بالميري ( ١٨٠٧ -  
١٨٩٦ ) ، ثم أدخل عليه الجيولوجي الانجليزي جون ميلن  
( ١٨٥٠ - ١٩١٣ ) تعديلات كبيرة في عام ١٨٨٠ ، ونشر  
سلسلة من الأجهزة في اليابان وغيرها لدراسة هذه الظاهرة •  
ومع هذا الرجل بدأ علم الزلازل الحديث •

وقد أدى نشر أجهزة الرصد في مواقع مختلفة الى قياس  
سرعة انتشار الزلازل خلال القشرة الأرضية • وتعتمد فكرة  
القياس على الفوارق الزمنية فيما بين الأجهزة في رصد  
الموجات الاهتزازية ، وبمعرفة المسافة التي تفصل بين موقع  
الجهاز ومركز الزلزال يمكن بسهولة حساب مرة انتشاره •

وفي عام ١٨٨٩ رصدت الأجهزة في ألمانيا اهتزازات  
زلزال وقع في اليابان قبل ٦٤ دقيقة فقط • ولو كانت  
موجة الذبذبات قد انتشرت خلال السطح المنحني للأرض  
بالسرعة المعروفة لما كانت قد رصدت في ألمانيا في مثل هذا  
الوقت القصير • واستنتج العلماء من ذلك أن الموجة سلكت  
طريقا مختصرا ، وهو الطريق المستقيم عبر جوف الأرض •

وفي عام ١٩٠٢ أثبت الجيولوجي الأيرلندي ريتشارد  
ديكسون أولدهام ( ١٨٥٨ - ١٩٣٦ ) - لدى دراسته الموجات  
الاهتزازية الواردة من جواتيمالا اثر وقوع زلزال بها - أن

سرعة انتشار هذه الموجات فى طبقات الأرض الأكثر عمقا  
تقل عنها فى الطبقات الأقل عمقا .

ومن شأن الموجات الاهتزازية أن تواجه ظاهرة تغير  
سرعة الانتشار مع اختلاف الأعماق بأن تتخذ مسارا  
منحنيا ، وأحيانا ما يكون الانحراف حادا مثل الموجات  
الضوئية التى تنحرف وتكسر لدى انتقالها من الهواء الى  
الزجاج والعكس ، أو مثل موجات الصوت التى تنحرف لدى  
مرورها عبر طبقات الجو مختلفة الكثافة أو الحرارة .

ونتيجة المسار المنحنى الذى تسلكه الموجات النيزية  
لدى مرورها عبر الطبقات الداخلية للأرض ، تصل هذه  
الموجات الى أماكن على سطح الأرض دون غيرها ، وقد يسفر  
ذلك عن « منطقة ظل » لا يشمر فيها المرم بالزلازل ، رغم  
وصول الموجات الى مناطق أخرى أقرب وأبعد من « منطقة  
الظل » بالنسبة لمركز الزلازل .

وبدراسة طبيعة « منطقة الظل » والزمن الذى استغرقت  
موجات الزلازل لتصل الى مناطق مختلفة على سطح الأرض  
أثبت الجيولوجى الألمانى بينو جوتنيرج ( ١٨٨٩ - ١٩٦٠ )  
فى عام ١٩١٢ أن الموجات تتعرض لانخفاض مفاجئ  
وشديد فى سرعتها ، فضلا عن تغير حاد فى اتجاه انتشارها  
عندما تصل عمق معين ، وحدد هذا العمق بحوالى ٢٩٠٠ كم  
تحت سطح الأرض .

ولقد بلغ من شدة تغير سرعة الموجات واتجاهها أن اعتبر  
هذا العمق عمقا فاصلا أطلق عليه ( حد جوتنيرج ) ويقسم  
الأرض فيما يبدو الى منطقتين رئيسيتين : المنطقة الأولى  
عبارة عن كرة مركزية نصف قطرها ٢٩٠٠ كم وتتكون وفقا  
لهذا الافتراض من مزيج من الحديد والنيكل . ويحيط بهذه  
الكرة « غلاف » صخرى يكون باقى الأرض .

وتتحرك الموجات فى دل من منطقتى الغلاف والجوف  
فى مسارات منحنية انحناء خفيفا ، بما يدل على تزايد  
الكثافة تدريجيا مع العمق فى كل منطقة على حدة . وهكذا  
تبدأ الكثافة على سطح الأرض بـ ٢٦٠٠ كجم/كجم<sup>٣</sup> وتزيد  
شيئا فشيئا حتى تصل الى حوالى ٥٧٠٠ كجم/كجم<sup>٣</sup> على عمق  
٢٩٠٠ كم ، ثم تقفز فجأة الى ٩٧٠٠ كجم/كجم<sup>٣</sup> ، وبعد ذلك  
تواصل ارتفاعها التدريجى حتى تصل عند مركز الأرض  
تماما الى ١٣٠٠٠ كجم/كجم<sup>٣</sup> . وتتفق هذه الأرقام مع نظرية  
تقسيم الأرض الى غلاف صخرى وجوف معدنى من الحديد  
والنيكل .

وفى دراسة لزلزال آخر وقع عام ١٩٠٩ فى منطقة  
البلقان، رصد الجيولوجى الكرواتى أندريا موهوروفيتش  
( ١٨٥٧ - ١٩٣٦ ) تغيرا حادا فى سرعة انتشار الموجات  
وذلك عند عمق ٣٠ كم تقريبا (حد موهوروفيتش)، وهذا  
يعنى أن الغلاف الصخرى له هو الآخر طبقة خارجية تسمى  
عادة « القشرة » .

ويتكون كل من الغلاف والقشرة من مواد صخرية ، غير  
أن تلك المواد تختلف فى تركيبها الكيميائى ، فالقشرة تتسم  
بأنها غنية بسيليكات الألومنيوم ، بينما يتميز الغلاف  
بارتفاع نسبة سيليكات المغنيسيوم فى تركيبته (، وذلك وفقا  
للبيانات المستنتجة من الزلازل ووفقا للمقارنة العملية  
لسرعة انتشار الموجات فى الصخور مختلفة التركيب ) .

غير أن السؤال المتعلق بحالة المواد فى الأرض - هل هى  
سائلة أم صلبة - ظل مطروحا ، وإن كانت معظم الآراء حتى  
عام ١٩٢٠ تميل الى أنها صلبة .

وكانت المعلومات الجديدة عن النشاط الاشعاعى قد  
عززت الاعتقاد السابق بأن الضغط الشديد فى جوف الأرض  
يحفظ المواد فى حالتها الصلبة . فقد توصل العلماء الى أن  
المواد المشعة ، مثل اليورانيوم والثوريوم وغيرهما ، تتركز  
فى الغلاف الأرضى وربما فى الطبقات العليا من ذلك الغلاف،  
١٨٧

حيث ان مركبات هذه العناصر تمتزج مع الصخور بشكل  
أسر من مزيج الحديد والكروم . ويبحث ذلك على الاعتقاد  
بأن درجة حرارة الغلاف قد تكون أعلى من حرارة الجوف ،  
بل قد لا تتجاوز الحرارة في جوف الأرض « حد كورى »  
وبالتالى فهو يتسم بالخصائص المتناطيسية .

وهناك نوعان من موجات الزلازل : النوع الأول هو  
النوع « العرضى » حيث تحدث الذبذبة لأعلى وأسفل بشكل  
عمودى على اتجاه انتشار الموجة وهى تشبه موجات الضوم  
ويطلق عليها « الموجات اس » (S waves) . أما النوع  
الثانى فهو « الموجات الطولية » وهى مثل موجات الصوت  
حيث تحدث الذبذبة للداخل والخارج فى نفس اتجاه انتشار  
الموجة وهذه تسمى « الموجات بى » (P waves) .

ومن شأن الموجات الطولية أن تنتشر فى أى وسط سواء  
أكان صلبا أم سائلا أم غازيا ، أما الموجات العرضية فهى  
تنتشر فى المواد الصلبة وعلى أسطح السوائل ، ولكنها  
لا تتحرك فى الوسطين السائل والغازى .

وكان أولدهام هو أول من لاحظ وجود هذين النوعين  
من موجات الزلازل ، غير أنه لاحظ أيضا فى عام ١٩١٤ أنه  
لم يرصد مطلقا أية موجات عرضية مرت عبر الكرة الجوفية ،  
مما بعثه على التساؤل : هل جوف الأرض فى حالة سائلة ؟

ولكن جوتنبرج كان شديد الاقتناع بأن جوف الأرض  
صلب حتى أن الجيولوجيين لم يقتنعوا بصفة عامة الا فى عام  
١٩٢٥ بأن الموجات العرضية لا تمر بجوف الأرض ، ومع  
ذلك ظلوا مترددين بشأن حالته السائلة .

غير أن عالم الفلك الانجليزى هارولد جيفرى ( ١٨٩١  
- ) أثبت فى عام ١٩٢٦ أن درجة الصلابة فى الغلاف  
الأرضى المستمدة من بيانات الموجة الزلزالية ، تفوق كثيرا  
متوسط درجة صلابة الأرض ككل ، وهو مبنى على حسابات

المد والجزر ، وهذا يعني أن جوف الأرض لابد أن يكون أقل صلابة من القيمة المتوسطة ، وبالتالي يمكن بالفعل أن يكون سائلا - ومنذ ذلك الحين اقتنع العلماء بأن جوف الأرض يتكون من مزيج من الحديد والنيكل في حالة سائلة \*

ولا شك أن درجة الحرارة في مثل هذا الجوف السائل ستكون أعلى من « حد كوري » ، ولكن من شأن دوران الأرض أن يوجد دوامات في هذه الكرة السائلة تولد تأثيرات كهرومغناطيسية ، وهذه هي التي تكسب الأرض مجالها المغناطيسي \*

وأخيرا ، وفي عام ١٩٣٦ ، لاحظت جيولوجية دانمركية تدعى انجى ليهمان أن الموجات الطولية التي تنتشر خلال الجوف العميق بالقرب من مركز الأرض ، تتعرض لارتفاع مفاجيء طفيف في سرعتها ، فاستنتجت أن هناك « كرة جوفية داخلية » يبلغ نصف قطرها ١٢٥٠ كم \*

ولكن ما هو الفارق بين الجوف الداخلي والجوف الخارجي؟ لا جدال بشأن الحالة السائلة للجوف الخارجي، أما فيما يتعلق بالجوف الداخلي، فتميل الآراء إلى أن الضغط فيه ربما تكون عالية بدرجة تبعث على تحول مزيج الحديد والنيكل من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة \*

هذه هي المعلومات المتوفرة حاليا عن تكوين الأرض ، غير أنه ثمة بعض الجدل بشأن التركيب الكيميائي الدقيق للجوف ، حيث يقول بعض العلماء ان مزيج الحديد والنيكل النقي قد يكون أكثر كثافة من القيمة المقدرة وفقا لمتوسط كثافة الأرض ككل ، وبالتالي فهم يفترضون وجود كمية كبيرة من الأكسجين في هذا الجوف لتقليل قيمة الكثافة • ويعني ذلك أن الجوف قد يكون مؤلفا من النيكل والحديد الصديء \*

وفى ختام هذه المقالة نقول ان الكرة الداخلية الصلبة تشكل زهاء ٨٠٪ من جسم الأرض بينما يمثل الجوف الخارجى السائل حوالى ١٥٪ والغلاف الصخرى ٨٢٪ وأخيرا القشرة نحو ١٪ .

أما من منظور الكتلة ، فيشكل الجوف الممدنى ( الخارجى والداخلى ) حوالى ثلث كتلة الأرض بينما تشكل الطبقات الصخرية ( الغلاف والقشرة ) الثلثين الآخرين .



الجزء الرابع

الفلك



## الفصل الثانى عشر

### الوقت فى غير موعده

من أصعب الأمور فى الحياة أن يتقيد المرء دائما بالوقت . فعندما كنت طفلا كان محتما أن أنزل كل يوم مبكرا وفى ساعة محددة لتوصيل الأوراق الخاصة بمتجر الحلوى الذى يمتلكه والذى للعملاء قبل أن يتوجهوا الى أعمالهم .

وكان لزاما أن أتوجه الى المدرسة فى الموعد المحدد والا اعتبرنى المشرف متأخرا وأبلغ أسرته بذلك . ولما كانت والدتى أوروبية فلم يكن من طبعها أن تترك مثل تلك الجريمة تمر دون عقاب ، ولت يدها كانت خفيفة ساعة الحساب .

حتى برامج الراديو كانت كلها بمواعيد ولم أكن أريد أن تفوتنى .

وكم كانت سمادتى طاغية عندما لبست أول ساعة فى يدى . الآن سأتحكم فى الوقت ! ولن أتأخر مطلقا بعد ذلك . . . أو على الأقل ، لو كنت أنوى التأخر فسوف أعرف مسبقا أنى سأتأخر ، فأتأخر .

ولم أكن أخلع الساعة من معصمى الا عند الاستحمام أو النوم ، وحتى فى هذه الحالة الأخيرة كانت هناك ساعة مكتب مضيئة بجوارى بحيث أعرف الوقت بمجرد أن أفتح عيني .

وعندما تكون الساعة فى يدى أشك أن تمر خمس دقائق دون أن ألقى نظرة سريعة على معصمى ، لا لشئ الا لأعرف

الوقت .. وقد لا أكون بحاجة لذلك ، وقد لا تفيدنى تلك المعلومة بشئ ، ولكن ذلك لا يغير من الأمر شيئا .

وكانت تلك العادة توقمنى أحيانا فى مواقف محرجة لا سيما فى أيام الشيباب ، فكثيرا ما كانت تلج على هذه الرغبة وأنا أغازل فتاة حسناء فلا يخطر ببالها الا شئ واحد وهو أنى قد سئمتها وأريد التخلص منها ، وما تلبث تلك اللحظات الجميلة أن تنتهى قبل حتى أن تبدأ ، فأجدنى العن تلك العادة .

وخطر لى ذات مرة أن أشرح لرفيقتى قواعد اللعبة منذ البداية فتخيلت أنى أقول لها : « انظرى يا عزيزتى .. أنا مصاب بدام التنظر الى معصمى كل خمس دقائق .. وذلك لا يعنى أى شئ بالمرة » .

وأغلب الظن أنها كانت سترد على قائلة : «صحيح هذا ؟ اذن فلتخلع ساعتك وضعها هنا فوق هذه المنضدة وأدر وجهها بعيدا عنك » .

ولا أكذبكم القول أن ذلك كان سيقتل رغبتى فى الاستمتاع بذلك الوقت .

على أية حال ، فلنتحدث عن الوقت .



كان الناس قديما - قبل اختراع الساعات الدقيقة - يعرفون الوقت من ساعة كبيرة مثبتة فى برج كنيسة مقامة فى أعلى نقطة فى المدينة بحيث يراها كل الناس . وكانت أجراس الكنيسة تدق كل ساعة معلنة الوقت ، ومن هنا سميت الساعة بالانجليزية « clock » وهو اسم مستمد من كلمة « cloche » الفرنسية بمعنى « الجرس » .

أما الذين كانوا يعيشون فى المناطق الريفية فلم تكن لديهم « ساعة مدينة » ، وكانوا يعرفون الوقت من ساعة

السماء ، كأن يقول الرجل لفلانته : « هيا اربطوا الجياد » .  
لقد تأخرنا . . فقد استوى النجم « الدب الأكبر » فى خط  
البصر مع قمة الجبل » .

وكان النام قد عرفوا منذ زمن بعيد أن النجوم تتحرك  
بانتظام فى السماء ويمكن للمرء أن يقدر الوقت تبعاً لموقعها  
وللفصل المناخى .

ولو أشار المرء بأصبعه الى السماء فوق رأسه مباشرة  
فسوف يشير الى « السميت » (Zenith) وهو لفظ مستمد من  
الكلمة العربية « سمت الرأس أى فوق الرأس » . ولو حرك.  
المرء ذراعه شمالاً وجنوباً مروراً بالسميت فسوف يرسم خطاً  
وهمياً فى السماء يقسمها الى نصفين ، ويسمى ذلك الخط  
الوهمى « خط الزوال » أو (meridian) وتعنى فى اللاتينية  
« منتصف النهار » .

ويمزى سبب تلك التسمية الى أن أى جرم سماوى  
يتحرك من الشرق الى الغرب يقطع خط الزوال فى منتصف  
الطريق ، ويشكل ذلك بالنسبة للشمس منتصف النهار .  
ولا يتقاطع بالضرورة مسار الأجرام السماوية مع خط  
الزوال عند نقطة السميت ، وغالباً ما تأتى نقطة التقاطع  
شمال السميت أو جنوبه ، غير أن خط الزوال يقطع فى جميع  
الأحوال مسارات الأجرام السماوية فى منتصفها .

ولو رصدنا لحظة مرور نجم ما عبر خط الزوال ذات  
ليلة ، وتابعنا تلك اللحظة فى الليالى التالية فسنجد أن  
الفواصل الزمنية بين تلك اللحظات متساو بدرجة كبيرة من  
الدقة . ولا يبعث ذلك على الدهشة ، حيث أن مرور النجوم  
عبر السماء إنما يعكس حركة دوران الأرض حول محورها ،  
وتجرى تلك الحركة بالطبع بمعدل ثابت .

وقد يتساءل المرء لماذا نتعمل عناء قياس الفواصل بين  
لحظات مرور النجوم عبر خط الزوال بينما هذا الخط هو

خط وهمي ومن الصعب تحديده ؟ لماذا لا نقيس الفواصل بين لحظات الشروق أو لحظات الغروب ؟

ويرجع السبب في ذلك الى أن خط الأفق عادة لا يكون منتظما ، وحتى اذا كان مستويا فغالبا مايجببه الضباب فضلا عن أن ظاهرتي الامتصاص الجوي والانكسار الضوئي قد تجعلان عملية الرصد غير دقيقة . وكلما علت الأجرام في السماء كانت أيسر وأدق في رصدها ، لا سيما لحظة تقاطعها مع خط الزوال .

ويطلق على الفاصل الزمني بين لحظتي مرور نجم ما عبر خط الزوال في ليلتين متتاليتين « اليوم النجمي » (sidereal day) - وكلمة (sidereal) مستمدة من كلمة لاتينية بمعنى « برج » أو « نجم » - وتعريفه هو أنه مدة دوران الأرض دورة كاملة بالنسبة للنجوم ، أى بالنسبة للكون بصفة عامة .

ويشكل اليوم النجمي موضع اهتمام بالنسبة لعلماء الفلك ، أما عامة الناس فهم عادة يكونون نائمين أثناء الليل ، وحتى لو كانوا مستيقظين فهم لا يعمرون اهتماما كبيرا ، لمواقع النجوم وتحركاتها .

غير أن الناس يكونون مستيقظين أثناء النهار ولا بد أنهم يتابعون مواقع الشمس من الشروق الى الغروب ، فكل أنشطة الانسان مرتبطة بحركة الشمس ، وبالتالي تكتسب لحظة مرور الشمس بخط الزوال أهمية بالنسبة للناس .

ولا يمكن للمرء بالطبع أن ينظر الى الشمس مباشرة والا أصيب بالعمى ، ولكنه ليس بحاجة لذلك . فالشمس تحدث ظلالا يمكن متابعتها بقدر أكبر من السهولة والراحة ، وهي في نفس الوقت تعد انمكاسا دقيقا لحركة الشمس .

فلو ثبتنا غموذا في الأرض فسنجد أنه يلقي عند شروق

الشمس بظل طويل في اتجاه الغرب ، وكلما ارتفعت الشمس في السماء قصر ذلك الظل ودار في نفس الوقت ضروب الشمال ، حتى اذا انتصف النهار بلغ حده الأدنى متخذاً اتجاه القطب الشمالى ( اذا كنا فى المنطقة المعتدلة الشمالية « north temperate zone » ، أى المنطقة الواقعة بين خط الاستواء والقطب الشمالى ) ثم يبدأ بعد ذلك فى الاستطالة والاتجاه صوب الشرق الى أن يصل الى حده الأقصى عند الغروب .

ولو رسمنا على الأرض خطين للظل لحظتى الشروق والغروب ثم نصفنا الزاوية المكونة بين الخطين ، فسنجد أن الخط المنصف ينطبق تماماً مع الخط الواصل بين الجنوب والشمال . وأخيراً ، فالحلقة التى ينطبق فيها ظل العمود مع هذا الخط المنصف هى نفسها التى تقطع فيها الشمس خط الزوال . . انها منتصف النهار .

ويطلق على مثل هذا العمود « الميل » ( gnomon ) وهو اسم مستمد من كلمة يونانية تعنى « الآن » بما أنها تعد مؤشراً عن الوقت .

وقد استغل الناس قديماً هذه الظاهرة وابتكروا جهازاً لقياس الوقت يتمثل فى عمود مثبت فى طبق على قاعدة ، والعمود مثبت بزاوية ميل فى اتجاه الشمال بحيث يلامس ظله حافة الطبق عند منتصف النهار ( عندما يكون الظل فى أقصر حد له ) ويتحرك هذا الظل من الغرب الى الشرق فيما بين شروق الشمس وغروبها . وقد قسمت المسافة بين ظلى لحظتى الشروق والغروب الى ١٢ جزءاً ، وكانت هذه هى أول ساعة شمسية أو مزولة .

ولكن ما هو سر اختيار الرقم ١٢ ؟ يبدو أنها عادة قديمة ترجع الى ٣٠٠٠ سنة قبل الميلاد فى عهد السومريين ، حيث لم يكن بوسعهم وضع نظام سهل للتعامل بكسور الأرقام ، ولذلك كانوا يفضلون استخدام الاعداد التى تسهل قسمتها

الى أرقام صغيرة صحيحة بدون كسور . ولما كان الرقم ١٢ يقبل القسمة على ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٦ فقد كان شائع الاستعمال . وقد أطلق على كل من هذه الأجزاء الـ ١٢ «ساعة» (وهو اسم مستمد من كلمة يونانية تعنى الوقت ) .

وكان شروق الشمس هو نقطة الصفر في هذا التقسيم ، أى أن « الساعة الأولى » كانت بعد ساعة من الشروق ، و«الساعة الثانية» بعد ساعتين من الشروق وهلم جرا . ولذلك فعندما تتحدث التوراة عن « الساعة الحادية عشرة » فذلك لا يعنى الساعة الحادية عشرة صباحا أو مساء حسب التوقيت الحالى ، ولكن يعنى الوقت بعد مضي إحدى عشرة ساعة بعد الشروق ، أو بمعنى آخر الساعة قبل الأخيرة في ساعات النهار وقبل ساعة وإحدى مع الغروب .

أما كلمة « noon » ( أى الظهر بمفهومنا الحالى ) فهي كلمة يونانية محرفة أصلها « nine » وتعنى «الساعة التاسعة» ، أى الوقت عند ثلاثة أرباع النهار ، أو بمعنى آخر منتصف فترة بعد الظهر . وربما كان ذلك الاسم متصلا بوقت الأكل ، وعندما تغير موعد الوجبة الرئيسية كان ارتباط الاسم بالطعام أقوى من ارتباطه برقم تسعة بحيث صارت كلمة « noon » تطلق على منتصف النهار أى الساعة السادسة بعد الشروق ، أو بمعنى آخر الظهر . ولذلك نستخدم اليوم تعبير « قبل الظهر » و« بعد الظهر » ، ولو شئنا استخدام الألفاظ اللاتينية فسنقول « antemeridian » ، أى قبل الزوال واختصارها (AM) ، و« postmeridian » أى بعد الزوال واختصارها (PM) .

ومادام النهار قد قسم الى اثنتى عشرة ساعة كان لابد من تقسيم الليل كذلك . ولكن ، وكما نعلم جميعا ، فالنهار يطول ويقصر الليل



خلال نصف العام بينما تنعكس الآية خلال النصف الثاني .  
وينطبق ذلك في كل مكان على الأرض عدا منطقة خط  
الاستواء وكلما بعدنا عن خط الاستواء شمالا أو جنوبا كانت  
فوارق التغير أكبر .

ومن هذا المنطلق فإن استخدام الساعة الشمسية يعنى  
أن مدة الساعة متطول وتقصّر على مدى أيام السنة .

غير أن الساعات الشمسية لم تكن الأجهزة الوحيدة  
المستخدمة لمعرفة الوقت حيث كانت لها عيوبها ، فلا يمكن  
الاعتماد عليها مثلا في الأيام غير المشمسة ، وإن كان ذلك  
لا ينطبق على مصر - حيث ابتكرت الساعة الشمسية فيما  
يبدو - نظرا لجوها الصحراوي . كما أن المزولة لا تعمل أثناء  
الليل - حتى في مصر .

ولذلك سعى الناس الى إيجاد آلية أخرى يعرفون بها  
الوقت ، وفكروا في استخدام أية ظاهرة تتم ببطء وبمعدل  
منتظم وحاولوا ربطها بالساعة الشمسية . فاستخدموا على  
سبيل المثال الشموع المصنوعة بارتفاع معين وقطر معين بحيث  
تحترق بانتظام ، ويمكن معرفة الوقت بمقارنة الطول  
المتبقى مع شمع أخرى سليمة ومدرجة بعدد الساعات .  
واستخدموا أيضا عملية نقل الرمال أو الماء من وعاء الى وعاء  
بمعدل منتظم من خلال فتحات ضيقة .

غير أنه من العسير استخدام مثل هذه الأجهزة لقياس  
ساعات تطول وتقصّر بحسب فصول السنة . ولذلك كان من  
الأسير تحديد مدة ثابتة للساعة أيا كان الوقت ليلا أو نهارا،  
وعلى مدار السنة كلها . ومنذ ذلك الحين أصبحت الساعة  
مبة ثابتة مقدارها ٢٤/١ من مدة اليوم .

ولكن كان هناك سؤال - - في أى وقت يبدأ اليوم ؟ كان  
من الطبيعي أن يفكر الناس في بدء اليوم مع شروق الشمس،  
أو الحل الآخر أن ينتهى اليوم مع الغروب ويبدأ اليوم الجديد  
في هذا الوقت .

وقد اختار الناس من سكان جنوب غرب آسيا ، ومن بينهم اليهود ، أن يكون الغروب هو بداية اليوم ، واستمرت تلك العادة فى التقويم الدينى اليهودى حتى الآن . ولذلك يبدأ يوم السبت اليهودى مع غروب شمس يوم الجمعة .

غير أن الميوسب الناجمة عن احتساب الوقت فيما بين الشروق والغروب أو الغروب والغروب كانت تنطوى على شئ من الارياك بالنسبة لعلماء الفلك . وتمثل تلك الميوسب فى اختلاف طبيعة خط الأفق ( من حيث التضاريس ) ، وفى احتجابه عند الشروق والغروب نتيجة السحب والضباب علاوة على قصر النهار وطوله وفقا لفصول السنة ، مما يجعل المدة بين الشروق أو الغروب فى الأيام المتتالية غير ثابتة .

أما عن لحظة مرور الشمس بخط الزوال فهى أيسر كثيرا فى رصدها عن الشروق أو الغروب ، فضلا عن أن المدة بين أوقات الزوال فى الأيام المتتالية ثابتة طوال العام ، حيث أن النهار يقصر ويطول من بدايته ونهايته بنفس المعدل ويظل منتصف النهار فى موعده .

ولذلك يعد الفاصل بين منتصف النهار أو منتصف الليل فى الأيام المتتالية هو أفضل قياس « لليوم الشمسى » ( مدة دوران الأرض دورة كاملة حول نفسها بالنسبة للشمس ) . وقد وقع الاختيار على منتصف الليل ، لأن ذلك يعنى أن النهار سيتغير بينما الناس نيام ( أو هكذا ينبغي أن يكون ) وليس وسط النهار المليء بالنشاط والحركة ، حيث قد يؤدي ذلك إلى أرباك المعاملات وتعقيدها .

وربما كان منطقيا عد الساعات من ١ الى ٢٤ بدلا من منتصف الليل ، وذلك مطبق بالفعل تحت ظروف معينة وفى أماكن معينة . غير أن العادة القديمة المتمثلة فى تقسيم اليوم الى فترتين مدة كل منهما ١٢ ساعة أثبتت رسوخها ،

ومن ثم فنحن نتحدث عن الوقت من الواحدة حتى منتصف  
النهار صباحا ومن الواحدة حتى منتصف الليل مساء .

وبهذه الطريقة لم يعد اليوم مقسما الى ١٢ ساعة من  
النهار و ١٢ ساعة من الليل ، وانما صار مقسما الى فترتين  
تحتوى كل منهما على جزء من النهار وجزء من الليل . علاوة  
على ذلك فقد تحولت كلمة « noon » ، التى كانت تعنى فى  
الأصل الساعة التاسعة ثم تغيرت لتكون السادسة ، لتطلق على  
الساعة الثانية عشرة . لقد صار الوقت فى غير موعده .

ولم يكن الإنسان ، حتى منتصف القرن السابع عشر قد  
ابتكر الساعات القادرة على قياس تقسيمات الساعة . غير  
انه جرت العادة ، ومنذ عهد السومريين ، على تقسيم الساعة  
الى ٦٠ دقيقة والدقيقة الى ٦٠ ثانية . وقد وقع الاختيار  
على رقم ٦٠ لأنه - شأنه فى ذلك شأن الرقم ١٢ - يقبل  
القسمة على عدد كبير من الأرقام هى ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥ ، ٦ ، ١٠ ،  
١٢ ، ١٥ ، ٢٠ ، ٣٠ .

وقد تحدد طول اليوم الشمسى بـ ٢٤ ساعة بالضبط .  
أما اليوم النجمى - الذى أشرنا اليه سالفا - فتبلغ مدته ٢٣  
ساعة و ٥٦ دقيقة و ٤ ثوان ، أى أن هناك فارقا يبلغ ٣  
دقائق و ٥٦ ثانية . فما سبب هذا الفارق ؟ أليست الدورة  
التي تدورها الأرض هى دورة كاملة سواء بالنسبة للنجوم  
أو الشمس ؟

والاجابة هى لا ! هناك فرق .

فالأرض لا تدور حول نفسها فقط وانما تدور أيضا  
حول الشمس . وتبلغ المسافة العرضية لمدار الأرض حول  
الشمس ١٨٦ مليون ميل ، وقد يبدو هذا الرقم ضخما ولكن  
نظرا للبعد السحيق بين الأرض والنجوم فإن هذا المدار  
يبدو كنقطة ، ولذلك يمكن أن نعتبر أن الأرض تدور حول  
نفسها ولكنها ثابتة فى موقعها بالنسبة للنجوم .

أما الشمس فهي أقرب كثيرا للأرض من النجوم ولذلك  
فإن دوران الأرض حولها يعد شيئا ملموسا .

وتستكمل الأرض دورتها حول الشمس في ٣٦٥٢٤٢٢ يوما . وذلك يعني أن الأرض كلما آتمت دورة حول نفسها بالنسبة للنجوم ( أو الكون بصفة عامة ) تكون قد تحركت مقدارا طفيفا حول الشمس ، ولذلك ينبغي لها أن تدور جزءا اضافيا طفيفا لتعود الى نفس الوضع الذي كانت عليه في اليوم السابق بالنسبة للشمس . ويستغرق هذا الجزء الاضافي من دوران الأرض ٣ دقائق و ٥٦ ثانية . ويتكرر هذا الجزء الاضافي الطفيف يوميا ليصل على مدار العام الى دورة كاملة اضافية ، أى أن العام يتألف من ٣٦٥٢٤٢٢ يوما شمسيا بينما يتكون من ٣٦٦٢٤٢٢ يوما نجما ، أما فارق الـ ٣ دقائق و ٥٦ ثانية بين اليوم الشمسي واليوم النجمي فهو عبارة عن ٣٦٦٢٤٢٢/١ يوما في السنة .

ويعد اليوم النجمي هو المدة الأقرب للحقيقة لدوران الأرض حول نفسها بالنسبة للكون بصفة عامة ، غير أن ذلك لا يهم الا علماء الفلك ، حيث أن الناس على وجه الأرض قد ارتبطوا بالشمس وليس بأى جرم سماوى آخر .

ومع ذلك ، فالفاصل الزمني بين الزوال والزوال ليس ٢٤ ساعة بالضبط ، فهو يزيد ويقل بمقدار ضئيل على مدار السنة . ويعزى ذلك الى سببين :

يمثل السبب الأول في أن مدار الأرض حول الشمس ليس بدائرة تامة الاستدارة ولكنه يميل الى الشكل البيضاوى ، ولذلك تكون الأرض على مدى نصف العام أقرب الى الشمس من القيمة المتوسطة للمسافة بينهما ومن ثم فهي تتحرك بسرعة أكبر من المتوسط ، بينما تكون على مدى النصف الآخر من العام أبعد عن الشمس من القيمة المتوسطة وبالتالي تتحرك بسرعة أقل من المتوسط .

ولما كان دوران الأرض حول نفسها يتم بانتظام دقيق ، فإن من نتيجة اختلاف سرعة دورانها حول الشمس أن تختلف قليلا المدة اللازمة لعودة الأرض الى نفس موقعها في مواجهة الشمس يوميا ، أى تختلف قليلا المدة من الزوال الى الزوال ، فعندما تكون سرعة دوران الأرض حول الشمس أكبر من المتوسط فهي تحتاج مدة اضافية في دورانها حول نفسها لتعود الى نفس موقعها بالنسبة للشمس فيما بين اليوم واليوم . أما لو كانت سرعة دوران الأرض حول الشمس أقل من المتوسط فإن الأرض في دورانها حول نفسها تعود الى نفس موقعها بالنسبة للشمس في مدة أقل قليلا من ٢٤ ساعة .

اذن ، هناك اختلاف طفيف في المدة بين الزوال والزوال يوميا ، ويكون هذا الاختلاف بالزيادة على مدى نصف العام وبالنقصان على مدى النصف الآخر ، ولكن تلك الاختلافات اليومية تتم بشكل منتظم سنويا ، أى أن مقدار الاختلاف في المدة بين الزوال والزوال في يوم ما يكون هو نفسه مقدار الاختلاف في المدة بين الزوال والزوال في اليوم نفسه من العام التالي .

أما السبب الثاني لاختلاف المدة بين الزوال والزوال فيرجع الى أن محور دوران الأرض حول نفسها يميل بمقدار ٢٣.٥ درجة بالنسبة لمستوى دورانها حول الشمس . ولذلك نجد مستوى مدار الأرض في يومى الاعتدال الربيعي والخريفي ( يومى ٢٠ مارس و ٢٣ سبتمبر ) يتقاطع بزاوية ميل مع خط الاستواء وتكون حركة الأرض أبطأ من المتوسط . وفي يومى انقلاب الشمس الصيفي والشتوي ( ٢١ يونية و ٢١ ديسمبر ) فإن مدار الأرض يكون موازيا لخط الاستواء وعلى مسافة منه بحيث تكون سرعة الأرض أكبر من المتوسط . وتؤثر تلك الاختلافات أيضا بالزيادة والنقصان على مدار العام ، ولكن بنهاية السنة يعود كل شيء الى نفس قيمته .

ويشكل تضايف العاملين - الشكل البيضاوي لمدار الأرض وميل محورها - ما يطلق عليه « معادلة الوقت » .

ويتمس تأثير كل من العاملين على حدة بأنه متماثل ، أى أن مقدار الزيادة يساوى مقدار النقصان بفارق ستة أشهر بينهما - غير أن تأثير كل منهما يختلف عن الآخر من حيث الحجم والوقت ، ولذلك فإن محصلة التزاوج بينهما غير متماثلة ، مما يؤدي الى « انبعاث » المدة بين الزوال والزوال أربع مرات على مدار العام ، اثنتان بالزيادة واثنتان بالنقصان ، فضلا عن اختلاف مقدار الانبعاث فى كل من الحالات الأربع .

ولو تتبعنا موعد لحظة الزوال على مدار العام فستلاحظ أن الشمس تقطع خط الزوال فى بداية السنة فى وقت متأخر نسبيا ، ويزداد مقدار هذا التأخر يوميا الى أن يصل يوم ١٢ فبراير الى حده الأقصى الذي يربو قليلا على ١٤ دقيقة ، ثم تبدأ الشمس رحلة التبكير لتصل الى موعدها فى ١٤ ابريل ، ويستمر التبكير حتى يوم ٢٠ مايو حيث يصل مقداره الى ٨ دقائق ، ثم تعود الشمس الى موعدها فى ٢٠ يونيو ويستمر التأخر الى أن يبلغ ست دقائق فى ٤ أغسطس ، وتعود الشمس الى موعدها مرة أخرى فى ٢٩ أغسطس وتواصل التبكير حتى يوم ٣ نوفمبر حيث يربو مقداره قليلا على ١٦ دقيقة ، ثم تبدأ فى التأخر لتعود الى موعدها فى ٢٠ ديسمبر وتستكمل رحلة التأخر الى أن تصل الى بداية العام التالى فتبدأ الدورة مرة أخرى بانتظام شديد - وكما لمسنا ، فإن الحد الأقصى للاختلاف ، سواء فى التأخر أو التبكير ، لا يتجاوز ربع الساعة الا مرة واحدة وبفارق دقيقة واحدة .

ولا يتأثر رجل الشارع بهذه الاختلافات الطفيفة فى مواعيد الشمس ، ولكن سيكون أمرا بالغ الصعوبة أن يحاول صناع الساعات ابتكار ساعة تسير وفقا للمواغيد الفعلية للشمس على مدار العام .

ونعتقد انه من-الايسر ان يعتبر حاملو الساعات أن الشمس تقطع خط الزوال يوميا في موعد ثابت ، وهذا ما كان سيحدث لو كان مدار الأرض تام الاستدارة ولم يكن محورها مائلا . ويطلق على الشمس من منطلق هذا الافتراض « الشمس المتوسطة » . وهذا يعنى أن هناك « وقتا شمسيا » وهو ما يقاس بالساعة الشمسية ، وهناك « وقتا شمسيا متوسطا » ويقوم على اعتبار أن المدة من الزوال الى الزوال تساوى ٢٤ ساعة بالتمام .

وتبقى مسألتان قبل أن نفلق هذا الموضوع ، فليس بالامكان استخدام التوقيت الشمسى المتوسط دون ادخال مزيد من التعديلات عليه .

فلو أن كل مجتمع ضبط توقيته وفقا لوقت الزوال فى منطقة متوسطة فى المكان الذى يعيش فيه ، فسيكون هناك « توقيت متوسط محلى » لكل مجتمع ، ومن شأن ذلك أن يربك جداول المواصلات فيما بين هذه المجتمعات . ومن هنا نشأت فكرة توحيد التوقيت . . . وهكذا تم تقسيم الكرة الأرضية الى شرائح متساوية يكون التوقيت فى كل منها موحدا بغض النظر عن التوقيت المحلى فى كل من البلدان الواقعة فى الشريحة الواحدة .

وتصل الى النقطة الأخيرة . . فمع استطالة النهار فى الصيف ينام الناس بضع ساعات بعد الشروق ، ثم يمكثون مستيقظين بضع ساعات بعد الغروب ويستهلكون الطاقة للاضاءة . ولو استيقظ الناس مبكرين فى أيام الصيف ، وخلدوا الى النوم أيضا فى وقت مبكر ، فسوف يؤدى ذلك الى توفير الطاقة .

ولكن من منا يتصور الحكومة الأمريكية تصدر أوامرها بأن يستيقظ الناس مبكرين ويناموا مبكرين لمجرد توفير الطاقة ؟! لا شك أن الشعب الأمريكى بكل استقلاليته وتمسكه

بحريته سيهب كرجل واحد ويندد بالبيروقراطيين في  
واشنطن الذين يحاولون التحكم في موعد صحيانهم \*

١٠. ولذلك لجأت الحكومة الى « الحيلة » ، فابتدعت توقيتا  
يوفر ساعات النهار ويتمثل ببساطة في تقديم الساعة بمقدار  
٦٠ دقيقة ، أى أن الساعة السابعة مثلا تعنى في الأصل  
السادسة \* الساعة اذن أصبحت « كاذبة » والبكل يعرفه  
انها « كاذبة » \*

الأمريكيون اذن قد يستنكفون العبودية من جانب  
الحكومة ولكنهم يرحبون بها من جانب الساعة !!  
وسوف أدع لكم مهمة استنتاج مغزى القصة \*



## الفصل الثالث عشر

### اكتشاف الفراغ

كان أطرف مؤتمر حضرته للخيال العلمى هو « المؤتمر العالمى الثالث عشر للخيال العلمى » المنعقد فى كليفلاند عام ١٩٥٥ ، فقد كان مؤتمرا محدودا ( حضره ثلاثمائة شخص فقط ) يسوده جو من الألفة والود فضلا عن أنى كنت فيه ضيف شرف .

كنت بالطبع آنذاك أكثر شبابا ، وكان عدد كبير من أصدقائى المقربين موجودين فى المؤتمر وكانوا كلهم ( بالمصادفة المجيبة ) أكثر شبابا وأكثر وجاهة وبعضهم ، وا أسفاه ، أكثر حيوية ونشاطا مما هم عليه الآن ! .

ومن أروع الناس الذين التقيت بهم فى المؤتمر « أنتونى بوتشر » ، وكان وقتها رئيس تحرير مجلة SF & S التى أكتب لها هذه المقالات، وكان رجلا رقيقا مهديا ، وكان مكلفا فى هذا المؤتمر بإدارة مراسم الحفل ، ورغم ان الرجل قد توفى فان ذكره حية فى قلوب كل من عرفوه .

وكم كانت دهشتى كبيرة فى الحفل حين قال لى عنه صديق آخر طيب القلب يدعى « تونى » : « لا أحب هذا الرجل » .

وكان لكلماته وقع المفاجأة فى نفسى ، فقد كان الرجل الذى نتحدث عنه شخصا لطيفا ولم أجد مشكلة فى التودد اليه ( ولكنى لم أكن فى ذلك الوقت أجد مشكلة فى التودد الى كل الناس تقريبا ) . وسألته : « لماذا لا تحبه يا تونى ؟ انه يبدو شخصا لطيفا » .

فهز تونى رأسه وقال : « انه لا يشرب » .

وازدادت دهشتى ، فلم أكن أعرف أن الشرب أصبح  
مقياسا للاعجاب ! فقلت له متحرجا : « ولكنى لا أشرب أنا  
كذلك » .

فرد قائلا : « الأمر يختلف » - فهو يتصرف كمن  
لا يشرب ، بينما تتصرف أنت ، مثلنا جميعا ، كمن يشرب!

أما الآن ، فان كل من كانوا فى المؤتمر يتفجرون حيوية  
ونشاطا صاروا يفيقون بالكاد من أن لآخر ، وان أفاقوا فهم  
عابسون مكتئبون ، ولكنى لم أفقد حيويتى حيث لا أعتمد  
على الكحول أو أية مواد كيمياوية « لتزييت أوصالى » . فالحياة  
لها قيمة كبيرة فى نفسى ، ويكفى أن أكتب واحدة من هذه  
المقالات لأجد نفسى منتعشا حتى فى الأوقات المسيرة . فقد  
حدث ذات مرة أن كتبت ثلاث مقالات بدون توقف ، لى  
استميد اتزانى بعدما تعرضت ابنتى الشقراء الجميلة زرقام  
العيتين ، لكسر فى كاحلها .

والآن الى واحدة من هذه المقالات الممتعة .



يميل المرم فى الحياة اليومية الى توصيف الهواء بأنه  
لا شئ البتة . ولو نظر الى وعاء لا يحوى شيئا غير الهواء  
فسيقول انه فارغ ، وقد يكون له بعض الحق اذا قارنا  
الهواء بأى شئ آخر يحيط بنا .

ويعد معدن الاوزميوم هو أثقل مادة معروفة على سطح  
الأرض حيث تبلغ كثافته ٢٢ر٥٧ جراما/سم<sup>٣</sup> ، أى أن كل  
سنتيمتر مكعب يزن ٢٢ر٥٧ جراما .

أما كثافة الهواء فتناهز ٠٠١٢٨ - جرام / سم<sup>٣</sup> أى  
 $\frac{1}{1290}$  من كثافة الاوزميوم ، ومثل هذه المقارنة تبعث على  
اعتبار الهواء شيئا مهملا .

والواقع انه حتى عام ١٦٤٣ لم يكن الهواء يعتبر على الاطلاق مادة لها كتلة فتخضع بالتالى للجاذبية الارضية ويمكن وزنها . ولكن فى ذلك العام اكتشف الفيزيائى الايطالى ايفانجليستا توريشيلى ( ١٦٠٨ - ١٦٤٧ ) أنه لو ملأ أنبوبة مفتوحة من أحد طرفيها بالزئبق ثم قلبها فى وعاء يحتوى أيضا على الزئبق بحيث تكون فتحة الانبوبة مغمورة ، فلن يفرغ كل محتوى الانبوبة ، بل سيبقى فيها عمود من الزئبق بارتفاع ٧٦ سم ، ويعزى ذلك الى وزن الهواء الضاغط على سطح الزئبق فى الوعاء .

ولما كانت كثافة الزئبق تساوى ١٣٥٤٦ رجم/سم<sup>٣</sup> ، فهي تعادل ١٠٥٨٣ مثل كثافة الهواء ، وذلك يعنى أن عمود الزئبق المعلق فى الانبوبة المقفولة لابد أن يوازنه عمود من الهواء يبلغ ارتفاعه ١٠٥٨٣ مثل ارتفاع عمود الزئبق . وبما أن ضغط الهواء يرفع الزئبق الى مسافة ٧٦ سم فلا بد أن يكون عمود الهواء بارتفاع ٨٠٤ ركيلو متر ( خمسة أميال ) .

وكانت هذه بمثابة معلومة ثورية ، فقد كان يعتقد حتى ذلك الحين أن الهواء ممتد بشكل لا نهائى وأنه يصل ارتفاعه الى القمر وربما الى النجوم .

ومع هذا المنطلق كانت قصص الخيال العلمى القديمة تصور الناس وهم ينطلقون الى القمر بقوة الدوامات الهوائية التى يخيل للناظر أنها تصل الى عنان السماء ، أو وهم على ظهر طيور عملاقة . وتتقضى مثل هذه الوسائل أن يكون الهواء منتشرا فى الكون كله .

أما بعد اكتشاف توريشيلى فقد عرف الناس لأول مرة أن الغلاف الجوى هو ظاهرة محدودة تحيط بسطح الأرض عن قرب ولا شيء بعدها . وكان على الناس أن يتقبلوا فكرة وجود فاصل مه العدم فيما بين الأرض والقمر ( أو بين أى

جرمين في السماء بصفة عامة ) \* ولا سبيل لاجتياز مثل هذا الفاصل الا باستخدام نظرية الفعل ورد الفعل - مثل الصواريخ - تلك النظرية التي اكتشفها في عام ١٦٨٧ العالم الانجليزي اسحق نيوتن ( ١٦٤٢ - ١٧٢٧ ) \*

ويمكن القول بأن تجربة توريشيلي أدت بشكل ما إلى اكتشاف الفضاء \* وذلك يعني أن الكون كله ، بما فيه الأرض والبشر ، يسبح في الفضاء \* وتعني هذه الكلمة في المتداد المنطقة الواقعة خارج الغلاف الجوي ، حيث لا يوجد شيء ، والتي يطلق عليها « الفضاء الخارجي » لتمييزها عن الفضاء على عموميته \*

وتستخدم كلمة « الفراغ » كبديل للفظ « الفضاء الخارجي » وأيضا كلمة « المدم » التي نفضل استخدامها في هذا المقام لأغراض المقالة . لقد أسفرت اذن تجربة توريشيلي عن اكتشاف المدم \*

ولكن كيف هو عدم ذلك المدم؟ هل هو خلاء؟ خلاء تام؟

فبالغلاف الجوي على سبيل المثال ، لا يبلغ سمكه خمسة أميال فقط ، حيث يقتضى ذلك أن تكون كثافة الهواء واحدة على مدى هذا الارتفاع ، لكن لا يمكن أن تكون الكثافة ثابتة ، فقد اكتشف العالم البريطاني « روبرت بويل » ( ١٦٢٧ - ١٦٩١ ) في عام ١٦٦٢ أن الغاز قابل للانضغاط وبالتالي تزداد كثافته كلما زاد مقدار الضغط \*

والانسان يعيش ويتنفس ويصرف أموره على سطح الأرض ، في قاع الغلاف الجوي المعرض لضغط كل طبقة الهواء التي تعلوه بأميال عديدة ، أى أننا نحيا في محيط من الغاز تزيد كثافته كثيرا عما لو كان غير معرض لهذا الضغط \* وكلما ارتفعنا فوق سطح الأرض قل وزن الغلاف الذي يعلونا وبالتالي قل ضغط الهواء وقلت معه كثافة الجو ، أى أن كثافة الهواء تقل كلما ارتفعنا لأعلى \*

وكلما قلت الكثافة انتشر الهواء للخارج ولأعلى وبلغ ارتفاعات ما كان يصل إليها لو كانت الكثافة ثابتة .

ومصادقا لذلك ، فإن الكثافة الجوية على قمة افرست، التي تملو على سطح البحر بمقدار ٨٨٨ كم ، لا تتجاوز  $\frac{7}{8}$  من قيمتها على ذلك السطح ، وهو ما يكفي بالكاد لأن يضخ الجهاز التنفسي قدرا كافيا من الاكسجين الى الرئتين من أجل استمرار الحياة : وفي حدود الاستخدام الواقعي للغلاف الجوي بالنسبة للانسان والكائنات الحية الأخرى يمكن تقدير سمك هذا الغلاف بتسعة أو عشرة كيلو مترات فقط .

لكن الغلاف الجوي يمتد في الحقيقة لأبعد من ذلك بكثير ، وكلما ارتفع قلت كثافة الهواء حتى تصل الى مقدار لا يصلح لقيام الحياة . ولكي نتابع هذا التمدد فلنتناول الغلاف الجوي من زاوية أخرى .

فلو خللنا مقدارا معينا من الهواء الجاف النقي فسنجد انه ينقسم من حيث الحجم الى ٢٨.٠٨٤٪ من النيتروجين الموجود على هيئة جزيئات يحتوى كل منها على ذرتين ورمزه (N<sub>2</sub>) و ٢٠.٩٤٧٪ من الاكسجين الموجود أيضا على هيئة جزيئات يحتوى كل منها على ذرتين رمزه (O<sub>2</sub>) ثم ٠.٩٣٤٪ من غاز الأرجون الموجود على هيئة ذرات مستقلة ورمزه (Ar) وأخيرا ٠.٣٢٪ من غاز ثاني أكسيد الكربون المكون من جزيئات يحتوى كل منها على ذرة كربون وذرتي أكسجين ورمزه (CO<sub>2</sub>) .

وتشكل هذه العناصر الأربعة مجتمعة ٩٩.٩٩٧٪ من محتوى الجو - أما نسبة ال ٠.٠٠٣٪ المتبقية فهي مكونة من نحو عشرة عناصر أخرى موجودة بكميات طفيفة للغاية بحيث يمكن إهمالها .

وبما أن كتلة كل من ذرة الأرجون وجزيئات الاكسجين والنيتروجين وثاني أكسيد الكربون معروفة علاوة على كتلة

السنتمتر المكعب من الهواء. يمكن حساب عدد الجسيمات الموجودة في الـ سم<sup>٣</sup> من الهواء في ظل الظروف القياسية ( ونعني بالجسيمات هنا ذرات الأرجون وجزيئات الغازات الأخرى ) ، ويبلغ هذا الرقم حوالي ٢٧ بليون بليون ،  
 $( ٢٧ \times ١٠^{١٨} )$

ورغم أن الرقم المناظر على قمة افرست يصل الى ١٠ بليون بليون في الـ سم<sup>٣</sup> فانه يكفي بالكاه للإبقاء على الحياة .

وعلى ارتفاع مائة كيلو متر فوق سطح البحر ، حيث

تكون الكثافة ——— أي ( ——— ) من قيمتها على السطح ،  
 مليون ١٠

وهو ما يشكل فراغا بالغ الدقة بالنسبة للمعايير العملية ، يصل عدد الجسيمات الى عشرة آلاف بليون في الـ سم<sup>٣</sup> .  
 أما على ارتفاع ثلاثة آلاف كم ، حيث تقل الكثافة عن

————— أي ( ——— ) من قيمتها على سطح البحر ، ينخفض  
 مليون بليون ١٠

عدد الجسيمات الى عشرة آلاف في الـ سم<sup>٣</sup> . وحتى على ارتفاع ثلاثين ألف كم فوق سطح البحر فلا يزال الـ سم<sup>٣</sup> يحتوي على عشرة جسيمات .

نستنتج من ذلك أن الكثافة تقل باستمرار ولكنها لن تصل أبدا الى الصفر المطلق . وقد تنخفض حتى الى جسيم واحد في الـ سم<sup>٣</sup> أو حتى في المتر المكعب ومع ذلك لن تكون صفرا مطلقا ، بمعنى آخر فان العدم ليس عدما خالصا .

غير أنه لا فائدة من البحث عن الكمال . . . ومن ثم يمكن اختيار حد أدنى من الكثافة بحيث أن الجو الذي تقل فيه

الكثافة عن ذلك الحد يطلق عليه « عدم » . ويعد الشفق من أعلى الظواهر الطبيعية التي يمكن أن تنجم عن الغلاف الجوي للأرض . - وتحديث بعض حالات الشفق على ارتفاع ألف كيلو متر حيث يصل عدد الجسيمات إلى ٣٠٠ ألف في الس ٣ . وليكن هذا هو الحد الأدنى ولنعتبر أى شيء دون ذلك هو « عدم » ، ليس لأنه خال بشكل مطلق ولكن لأنه خال بشكل كاف .

وفي ظل هذا التعريف ، فإن كل الفضاء على اتساعه يعتبر عدما باستثناء ذلك الحجم متناهي الضالة ، الموجود فى. التخنوم المباشرة للأجرام السماوية الضخمة .

وتتسم كل النجوم بأن لها غلافا جويا وفى مقدمتها شمس مجرتنا ، كذلك ثمة غلاف جوى يحيط بكل الكواكب الغازية العملاقة مثل المشتري (Jupiter) وزحل (Saturn) وأورانوس (Uranus) ونبتون (Neptune) . أما الأجرام التى يقل حجمها عن الكواكب الغازية العملاقة فنادرا ما يكون لها غلاف جوى . ويحتوى نظامنا الشمسى على أربعة فقط من تلك الأجرام التى يقل حجمها عن الكواكب العملاقة ، ومع ذلك فهى محاطة بغلاف جوى ، وهى الزهرة (Venus) والأرض والمريخ (Mars) من فئة الكواكب ، والتيتان (Titan) من فئة الأقمار .

والواقع أنه لم يكد يمضى وقت طويل على اكتشاف توريشيلى لما يتسم به الغلاف الجوى للأرض من طبيعة محدودة حتى بدأ علماء الفلك يتحققون من أنه ليس للقمر ، على سبيل المثال ، غلاف جوى .

وقد يتساءل المرء لماذا يتواجد الارجون على هيئة ذرات منفردة بينما يتواجد الاكسجين والنيتروجين فى صورة جزيئات يتكون كل منها من ذرتين . ويدون الدخول فى

تفاصيل ميكانيكا الكم نكتفى بالقول بأن ترتيب الالكترونات حول ذرة الارجون يتسم بدرجة استقرار بالغة ، ولن يتأثر ذلك الاستقرار لو تقاسمت ذرة ارجون بعضا من الكتروناتها مع ذرة ارجون أخرى أو مع ذرة أى عنصر آخر . ولذلك تبقى ذرات الارجون على هيئتها الانفرادية •

أما ترتيب الالكترونات حول ذرات الاكسجين أو النيتروجين فهو لا يوفر لها قدرا كبيرا من الاستقرار ، ولتعويض ذلك تتحد كل ذرتين من الاكسجين ، أو النيتروجين ، من أجل اكتساب مزيد من القوة •

وعندما يتم الاندماج تطلق الذرات ذلك الكم الإضافي من الطاقة الذى كان يكفل لها البقاء فى هيئتها غير المستقرة • وتقتضى عودة مثل هذه الجزيئات إلى الانشطار توفير هذا الكم الإضافي من الطاقة مرة أخرى وتزويد الجزيئات به ، وليس ذلك بالأمر اليسير ولا يحدث ببساطة فى ظل الظروف الجوية المحيطة ، ولذلك تبقى جزيئات الاكسجين والنيتروجين على هيئتها •

ولعلنا نتساءل ماذا كان سيحدث لو كانت جزيئات النيتروجين والاكسجين موجودة فى الجو على هيئة ذرات مستقلة ؟

إن عدد الجسيمات الموجودة فى ال سم<sup>3</sup> سيناهز ٥٣ بليون بليون ، وستكون كلها عبارة عن ذرات • ولو كانت هذه الذرات متحركة ، فلن تزيد المسافة التى تقطعها الذرة

٣٥

دون أن تصطدم بذرة أخرى عن — من السنتيمتر فى مليون

المتوسط •

ولما كانت سرعة تحرك الذرات تساوى ٦٥٠٠ سم / ثانية ( نحو ١٠٠ ميل فى الساعة ) فسوف تقع ٢٠٠ مليون



حالة تصادم تقريبا في الثانية • وذلك يعنى أن كل الذرات المنفردة ستجد شريكا لها في غضون كسور ضئيلة من الثانية ، وستتحول ذرات الأكسجين والنيتروجين الى جزيئات الأكسجين والنيتروجين • غير أن الحرارة الناجمة عن مثل هذا التفاعل ستكون كافية لتحويل الجو الى درجة التوهج •

وبما أن كثافة الجو تقل مع الارتفاع ، أى أن عدد الجسيمات في  $1 \text{ سم}^3$  سيقول وبالتالي سيكون الانتشار أرحب ، فسوف تزيد في المتوسط المسافة التي سيقطعها الجسيم قبل أن يصطدم بغيره ، ومن ثم ستستغرق وقتا أطول •

وعلى ارتفاع ٨٥ كم فوق سطح البحر يصل متوسط المسافة المحتمل أن يقطعها الجسيم قبل أن يصطدم بآخر الى واحد سم كامل • أما على ارتفاع ٦٠٠ كم فإن هذه المسافة تقفز الى عشرة ملايين سم أى ٦٢ ميلا • لقد صار احتمال التصادم شبه مستحيل •

ومن ناحية أخرى ، فمن شأن الأشعاعات القوية الواردة من الشمس ( وهى الأشعة فوق البنفسجية والأشعة السينية ) أن توفر على الارتفاعات العالية فوق سطح الكوكب ، الطاقة اللازمة لانشطارات جزيئات الأكسجين والنيتروجين الى ذرات منفردة • ( ان مثل هذه الأشعاعات الشمسية تمتص بعيدا قبل أن تقترب من الغلاف الجوى ) • إذن ، فكلما ارتفعنا فوق سطح البحر زاد احتمال وجود الذرات فى هيئة منفردة • ويميل الأكسجين والنيتروجين على الارتفاعات البالغة الى الثلاثى ويتواجد بدلا منهما الهيدروجين والهليوم • أما فى الطبقات المنخفضة من الغلاف الجوى فسنجد هذين النوعين من الغاز موجودين بنسب لا تذكر ، حيث تصل نسبة الهليوم الى ٥ فى المليون ويكون على هيئة ذرات بالغة الاستقرار ، بينما تصل نسبة الهيدروجين الى ٥ فى كل عشرة ملايين ويكون على هيئة جزيئات ثنائية الذرات •

ويتسم الهيدروجين والهليوم بأنهما أقل أنواع الغازات كثافة وبالتالي فهما يميلان إلى الطفو فوق أنواع الغازات الأخرى ، وذلك إذا لم تبعث اختلافات درجات الحرارة على خلط أنواع الغاز في الجو . وتعد جسيمات هذين الغازين أصغر أنواع الذرات وأقلها وزنا ومن ثم أسرعها وأقلها تعرضا لتأثير الجاذبية في أي كوكب . ولهذا الأسباب فهي تمثل أكثر من أي نوع آخر من الغازات إلى الهروب إلى الطبقات العليا للغلاف الجوي بل « والتسرب » إلى الفراغ .

ومع ذلك فالهيدروجين والهليوم يعدان أكثر العناصر شيوعا في الكون ، حيث تنقسم كل الذرات الموجودة في الكون إلى ٩٠٪ من الهيدروجين و ٩٪ من الهليوم بينما تمثل كل العناصر الأخرى مجتمعة نسبة ال ١٪ المتبقية .

وقد يبدو ذلك مستحيلا بالنظر إلى أن الأرض يكل ضخامتها فضلا عن القمر والمريخ وعطارد والزهرة وغيرها تتكون كلها تقريبا من جميع أنواع العناصر. فيما عدا الهيدروجين والهليوم . غير أن الشمس والكواكب الغازية العملاقة الأخرى تتكون في معظمها ، بل كلها تقريبا ، من هذين الغازين على وجه التحديد ، ولما كانت تلك الأجرام الخمسة تمثل ٩٩٩٩٩٩٪ من كتلة المجموعة الشمسية فإن طبيعة التركيب الكيميائي لكل الأجسام الأخرى ، بما فيها الأرض ، تصبح غير ذات بال .

وفي العصر اليوناني القديم كان الفيلسوف ديمقريطس (٤٧٠ ق.م - ٣٨٠ ق.م) قد وضع نظرية تقول بأن المواد مصنفة عامة تقتصر في تكوينها على الذرات ، أي أن السكون لا يتألف إلا من ذرات ولا شيء بينهما سوى العدم .

وما أن فهم الناس تجربة توريثيلي الحاسمة واستوعبوا نتائجها وعرفوا أن الهواء ليس منتشرا في الكون كما كانوا يعتقدون ، أمكن تعديل نظرية ديمقريطس إلى نطاق بالغ

الاتساع ، حيث صار الكون يتألف من النجوم ولا شيء غيرها سوى العدم ..

ولا شك أن وجهة النظر هذه تبدو صحيحة للمعين المجردة . فنحن لا نرى في الواقع سوى سماء سوداء لا تحوى فيما يبدو غير النجوم . ولما ابتكر التلسكوب اتضح أن شرائح السماء التي كانت تبدو خالية ، هي في الواقع مليئة بنجوم بالغة الضعف بحيث لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة . وبفض النظر عن نسبة تكبير التلسكوب وعن عدد النجوم التي يمكن رصدها ، فدائما هناك مساحات من الفراغ تفصل بينها .

وقد نستنتج من ذلك أن النجوم ( وأى كواكب ملحقة بها ) هي الأشياء الوحيدة التي تبعث على الاهتمام في الكون ، وأن العدم الذي يفصل بينها هو عديم الأهمية . فلماذا نحاول نقول عن اللاشيء !

غير أنه لم تكف تمضي بضع سنين على اختراع التلسكوب حتى اكتشفت أجسام في الفراغ تختلف فيما يبدو عن النجوم .

وفي عام ١٦٦٢ رصده عالم الفلك الألماني سييمون ماريوس ( ١٥٧٣ - ١٦٢٤ ) بقعة ضوئية باهتة غير محددة المعالم في برج اندروميديا . وكانت مثل هذه البقع تختلف في شكلها عن تلك النقاط الضوئية الواضحة المتمثلة في النجوم . وقد أطلق على هذه البقع « السديم » . « nebulae »

وهو لفظ مستمد من اللغة اللاتينية بمعنى « السحاب » ، وظل السديم الذي اكتشفه ماريوس معروفا لمدة ثلاثة قرون باسم « سديم اندروميديا » .

وفي عام ١٦١٩ اكتشف عالم الفلك السويسري جوهان سييسات ( ١٥٨٦ - ١٦٥٦ ) أن النجم الأوسط في « سيف » برج الجوزاء ليس نقطة واضحة وإنما هو بقعة ضوئية باهتة غير محددة . وأطلق عليها اسم « سديم الجوزاء » .

وقد تضاعفت عمليات اكتشاف مثل تلك البقع الباهتة مع تطور التلسكوبات ، وكثيرا ما كان الأمر يلتبس على علماء الفلك المندفعين فيحسبوننها مذنبات . ولذلك بدأ عالم الفلك الفرنسى شارل ميسييه ( ١٧٣٠ - ١٨١٧ ) فى عام ١٧٧١ حصر مثل تلك البقع وأعد بها قائمة تشتمل ما يزيد على مائة من الأجسام التى قد تخذع « ضائدى المذنبات » لو لم يتنبهوا لها .

وقد اتضح فيما بعد أن عددا كبيرا من الأجسام الواردة فى قائمة ميسييه ما هى إلا تجمعات من النجوم ، واتضح أيضا أن سديم أندروميديا ليس سحابة غبار أو ضباب ، وإنما هو تجمع لمئات الملايين من النجوم الموجودة على بعد ستحيق بحيث يذوب ضوء النجوم المنفردة فى البقعة الضوئية غير محددة المعالم . ويطلق حاليا على مثل هذه التجمعات اسم « المجرات » . وسار سديم أندروميديا يعرف باسم « مجرة أندروميديا » . وقد اتضح حتى الآن أن ٣٨ من الأجسام الواردة فى قائمة ميسييه هى مجرات .

واكتشف الفلكيون أيضا أن بعض الأجسام الواردة فى القائمة تنتمى لمجرتنا المروقة باسم « درب اللبانة » ، وهى عبارة عن تجمعات عنقودية تحتوى على مئات الآلاف تلو مئات الآلاف من النجوم التى تبدو على هذا اليمد الهائل متداخلة وغير محددة المعالم . ويبلغ عدد مثل هذه التجمعات العنقودية فى قائمة ميسييه ٥٨ تجمعا .

ومن النجوم أيضا ما تعرضت لظواهر بالغة العنف أدت إلى إطلاق كميات ضخمة من الغبار والغازات التى تتلأأ فى ضوء النجوم . وتسمى سحابة الغبار والغاز هذه بـ « السديم الكوكبى » ، ومنها ما هو وارد فى القائمة . ويتصدر قائمة ميسييه « سديم السرطان » وهو ما تبقى من نجم تعرض منذ تسعة قرون ونصف لانفجار شامل تقريبا من نوع السوبر نوفا .

غير أن بعضاً من هذه السدم موجودة بالفعل على هيئة سحب متوهجة مكونة من ذرات الهيدروجين والهيليوم . ويعد سديم السرطان واحداً منها . وثمة إثنان آخران من هذا النوع من السدم وهما « السديم الأمريكي الشمالي » في برج الدجاجة ( المسمى بهذا الاسم وفقاً لشكله ) « وسديم اللاجون » في برج القوس .

ويمزى برّيق سديم الجوزاء إلى أنه يحتوى وسط حجمه الفسيح على عدد من النجوم مرتفعة الحرارة ، مما يكسب ذرات الهيدروجين بها قدراً من الطاقة بما يجعلها تفقد إلكتروناتها وتتأين . ومن شأن الهيدروجين المتأين أن يطلق ما اكتسبه من طاقة على هيئة ضوء . ويتواصل باستمرار هذا النوع من التفاعل حيث تستقبل الذرات الطاقة من النجوم الموجودة في السديم لتشمعها على هيئة توهج ضوئي ، وهذه خاصية تميز مثل تلك « السدم المشعة » .

وقد يبعث على الدهشة أن يرى الإنسان مثل هذا الوهج على هذا البعد الشاسع الذي يفصل بين الأرض وتلك السدم . غير أن الغاز الذي تتكون منه هذه السدم يتسم بدرجة نفاذ بالغة ، وهو يقتصر في تكوينه على عدد يتراوح بين ألف وعشرة آلاف من الجسيمات في  $\text{سم}^3$  ، وتعاادل هذه الكثافة كثافة الغلاف الجوي للأرض على ارتفاع يتراوح بين ٣ آلاف و ١٠ آلاف كم فوق سطح البحر ، وهي كثافة ضعيفة بدرجة تجعل مثل هذه السدم تندرج فيما عرفناه سابقاً بأنه الفراغ أو « العدم » . ولكن نظراً لانتشار هذه الذرات في فضاء يقاس حجمه بالسنوات الضوئية المكعبة فإنها تكفي لتكوين هذا الوهج المرئي .

وثمة سحب تقل فيها الكثافة عن ذلك المقدار ، حيث لا يزيد عدد الجسيمات في  $\text{سم}^3$  عن زهاء مائة ، وهي بذلك تعادل في كثافتها الغلاف الجوي للأرض على ارتفاع

٢٠ ألف كم فوق منطح البحر ومن ثم فان رصدها يشيكل  
صنعوية بالغة . ونصل أخيرا الى القضاة الأكثر خلاقا ، أو  
العدم الأكثر عدما ، فنجد أيضا أن له كشافا . وان كانت  
لا تتجاوز ٣٠ من الجسيمات في الـ سم ٣ .

ولكن ليست كل السدم متوهجة بالطبع .

فبينما كان عالم الفلك البريطاني الألماني الأصل وليام  
هرتشل ( ١٧٣٨ - ١٨٢٢ ) يدرس النجوم في « درب  
اللبانة » لاحظ وجود مناطق تكاد تكون خالية تماما من  
النجوم ، ولاحظ أن هذه المناطق المظلمة لها حدود واضحة ،  
بل وبألغة الدقة في بعض الأحيان ، أما خارج هذه الحدود  
فترجع كالمعتاد مناطق تموج بأعداد هائلة من النجوم .

وطرح هرتشل أبسط تفسير لهذه الظاهرة حيث  
افترض أن هذه المناطق خالية بالفعل من النجوم وانها عبارة  
عن أنفاق من الفراغ تشق طريقها وسط زحام النجوم  
وتكشف عن الظلام الذي يكتنف الفراغ خارج درب اللبنة .  
وتبدو الأرض في موقعها في درب اللبنة كأنها تطل على  
« فوهة » البفق . ولا شك أن « هرتشل » تخيل وجود  
« ثقب » في السماء .

واتضح أن هناك عددا من مثل تلك المناطق ، بل أن ذلك  
العدد أخذ يزداد شيئا فشيئا مع الوقت حتى تجاوز حاليا  
٣٥٠ منطقة . وكان عالم الفلك الأمريكي إدوارد امرسون  
بأرنتارد ( ١٨٥٧ - ١٩٢٣ ) قد رصد حتى عام ١٩١٩ حوالي  
١٨٢ واحدة من هذه المناطق المظلمة وسجل مواقعها على  
خريطة .

وقد بدأ لبارنارد ، وفي نفس الوقت لفلكي آخر ألماني  
الجنسية يدعى ماكس وولف ( ١٨٦٣ - ١٩٣٢ ) ، أنه من  
المستبعد أن يكون هناك مثل هذا العدد من « الثقوب » في  
درب اللبنة وكلها موجهة بحيث تكون فتحاتها في اتجاه  
الأرض .

وكان الاحتمال الأقرب الى المنطق ان هذه المناطق المظلمة هي عبارة عن سحب من الجسيمات لا تحتوي على أية نجوم ، وبالتالي فلا مجال لتولد الطاقة والتهوج ، فبقيت ياردة ومظلمة . ومن شأن مثل هذه السدم أن تحجب ضوء النجوم الواقعة وراءها وأن تشكل بقعا سوداء ينتشر من حولها الضوء الوارد من السماء خلفها .

ولا يبدو مطلقا أن هذه « السدم المظلمة » تشكلت نتيجة ظواهر نجمية ، بل العكس ، حيث يعتقد علماء الفلك حاليا أن هذه السدم المظلمة قد تكون هي مصدر تكون النجوم لو توافرت الظروف المواتية . ويعتقد أن المجموعة الشمسية بالكامل قد تكونت من واحد من هذه السدم المظلمة ، وكان ذلك قبل حوالي خمسة بلايين سنة ، حيث تهيأت الظروف لتكثف ذلك السديم فتكونت الشمس وكواكبها .

ولو كان السديم المظلم ذا حجم كبير فإن ذلك يفسح المجال لتكون بعض النجوم داخله ، ومن شأن أول مجموعة من هذه النجوم أن تولد قدرا من الطاقة يكفل تحول هذا السديم الى سديم مشع . وتظهر أحيانا في بعض السدم ، مثل سديم الجوزاء ، بقع مستديرة صغيرة سوداء . وتسمى هذه البقع « كريات بوك » نسبة الى مكتشفها وهو الفلكي الألماني الأمريكي الأصل بارت جان بوك ( ١٩٠٦ - ١٩٨٣ ) ، والذي رصدها لأول مرة في عام ١٩٤٠ . ويعتقد أن هذه البقع هي عبارة عن سحب من الغاز في طريقها حاليا الى التكثف وستصبح قريبا ( بالمقياس الفلكي ) نجوما جديدة .

وتتماثل السدم المظلمة مع السدم المضيئة في أنها تتكون أساسا من الهيدروجين والهيليوم ، وهي أيضا تعادلها في الكثافة ، ولكن بالنظر الى طبيعتها المظلمة لا يمكن أن تكون مقصورة على الغاز . فإذا كان السديم المظلم يحتوى على ١٠ آلاف ذرة هيدروجين وهيليوم في ال سم<sup>٣</sup> فمع الوارد أن يحتوى كل سم<sup>٣</sup> أيضا على ١٠٠ من جسيمات الغبار ( التي

يتكون كل منها من عشرات أو مئات الذرات وربما كان منها ذرات السيليكون ومعادن أخرى ) •

ويمكن ببساطة تفسير وجود جسيمات الغبار بأن من خصائص السديم المظلم امتصاص الضوء الشمسي ، ولما كانت قدرة جسيم الغبار على امتصاص هذا الضوء تعادل مائة ألف مثل قدرة ذرة الغاز أو جزيئته فلايد من وجوده في ذلك السديم ، ويمكن ملاحظة تلك الظاهرة في الغلاف الجوي للأرض •

فعندما يكون الجو ضحوا وغاليا من الغبار وغير مشبع بالرطوبة نجد الشمس ساطعة وأشعتها حارقة ، لأن جزيئات الغاز لا تمتص شيئا يذكر من هذه الأشعة ، ولكن ما أن ينتشر بعض الغبار أو بعض قطرات مع البخار في الجو حتى تتغير هذه الظروف توا • وقد يكون هناك قدر ضئيل من السائل أو الجسيمات الصلبة قياسا بالعدد الضخم من جزيئات الغاز، ولكن هذا القدر الضئيل يكفي لتكوين الضباب الذي يحجب ضوء الشمس •

ولو أن الغبار يمثل ١٪ فقط من مكونات السديم مقابل ٩٩٪ من ذرات الغاز وجزيئاته ، فإن ٩٩٫٩٪ من قدرة السديم على حجب ضوء النجوم تعزى الى ذلك القدر الضئيل من الغبار •

وبغض النظر عن أن بعض السدم يشع الضوء بينما يحجب البعض الآخر ، وأن هذه السمة على وجه التحديد تستلقت الانتباه في كل من النوعين ، فإن شيئا رائعا مدهشا يقع فيها ، وهذا هو ما سنتحدث عنه في الفصل التالي •



## الفصل الرابع عشر

### كيمياء الفراغ

كنت مدعوا في بداية هذا العام الى الحفل السنوى لتوزيع الجوائز على الفائزين من كتاب القصص البوليسية فى أمريكا ، وحضرت المأدبة مع زوجتى المميزنة جانبى \* وكان لهذا الحفل أثر خاص فى نفسى ، حيث كان أول لقاء لى مع جانبى فى واحد من هذه الحفلات منذ ٢٦ عاما \*

وكان قد طلب الى أن أعلن أسماء الفائزين فى هذا العام ، ولما كانت هذه هى أكثر فقرات الحفل إثارة ، فقد كان ترتيبها الأخير فى البرنامج ، ومن ثم كان علينا أن نصبر ونستمع الى حوالى عشرة من المتحدثين ، كل منهم يسعى جاهدا لاطهار كل مواهبه من خفة الظل والذكاء \*

وبدأت جانبى تشعر بالقلق ، فهى تدرى تماما احسانى بضالة هذه المهمة والذى يقلب على امتنانى لأن تتيج لى رابطة كتاب القصص البوليسية فرصة الاشتراك فى توزيع جائزة على مثل هذه الدرجة من الأهمية ، لا سيما وأنا لم ترشحنى من قبل لنيل هذه الجائزة \* وأعتقد أن زوجتى شعرت كذلك أننى كنت أستمع لكل محاولات استعراض خفة الظل والذكاء وأنا أفكر فى كافة السبل والأساليب التى يمكننى بها تقطيع أوصال هؤلاء المستظرفين جميعا \*

فهمست الى قائلة : « اسحق ، أن هؤلاء المرشحين قضوا بالتأكيد ليلة مؤرقة من الانفعال والاثارة ، فلا تثقل عليهم ، يكفى أن تقرأ عناوين القصص الخمس وأسماء مؤلفيهم ثم تعلق اسم الفائز » \*

وقلت لها : « نعم يا عزيزتى ، سوف أعلن فقط المرشحين واسم الفائز » . ( أترون كيف انى زوج مثالى ؟ ) \*

وعندما حان الوقت صعدت الى المنصة برشاقتى المعهودة وقرأت سطرا من ورقة التعليمات التى سلمت لى لترشدنى عما ينبغى على عمله . ومن بين هذه التعليمات أنه لو صادفتنى مشكلة فى قراءة بعض أسماء المرشحين يمكننى استشارة مكتب العلاقات العامة بالرابطة لتسهيل نطق الاسم .

وطويت الورقة ووضعتها فى جيبي وأنا أشعر بالفخر للتمددية العرقية والتباين الذى تتسم به طبيعة المجتمع الأمريكى وأستدرك طلب المون فى نطق هذه الأسماء ، فسوف أحاول نطقها على أحسن ما يكون ، لا سيما لو التزم الحضور بحسن الاستماع .

ثم تحولت الى قائمة المرشحين الخمسة فاكتشفت أنها تحتوى - بمحض الصدفة - على خمسة أسماء ذات هجاء انجلو ساكسونى كلها . فكنت أقرأ عنوان كل كتاب ثم أتردد قليلا أمام اسم المؤلف أدقق فيه ثم أنطقه بشئ من التعتثر مما كان يثير فى كل مرة عاصفة من الضحك . وعندما فرغت من الأسماء الخمسة ووصلت الى المظروف الذى يحتوى على اسم الفائز قلت بشئ من الأسى انه ربما كان أصعب اسم وبالتالي قد أضطر الى تطقه مرة ثانية . وقرأت الاسم وإذا به « روسى توماس » ومع ذلك فقد قرأته بلمثمة شديدة . وانطلقت القهقهة السادسة وكانت أعلى من كل مرة .

ثم عدت الى مكانى وقلت لزوجتى : « هاندا يا عزيزتى لم أفعل شيئا سوى قراءة الأسماء » .

ومن حسن الحظ أنه لا يوجد أحد بجانبى يحثنى على الاختصار وأنا أكتب هذه المقالات ، ولذلك سوف أكمل معكم الآن بنفس الأسلوب المتمهل ونستكمل معا من النقطة التى وقفنا عندها فى الفصل السابق .

\*\*\*

تحدثنا فى الفصل السابق عن الفراغ وقلنا أنه الفضاء المتاخم للأجسام الضخمة والذى يتسم بأنه شبه خال من أى شئ ، ولكنه ليس خاليا بشكل مطلق ، فلا بد حتى فى أنقى درجات الفراغ - فى الفضاء البعيد عن أية أجسام - من وجود ذرات متفرقة من هذا النوع أو ذاك .

ولكن ما هو هذا النوع أو ذاك ؟

هل يوسعنا أن نحلل مثل هذا الفراغ شبه التام الموجود على مسافة بعيدة للغاية ، لنقف على طبيعة ما يحتويه من مادة رقيقة بهذه الدرجة المتناهية ؟

جاءت بوادر الاجابة على هذا السؤال فى عام ١٩٠٤ عندما كان عالم الفلك الألمانى « جوهانز فرائز هارتمان » ( ١٨٦٥ - ١٩٣٦ ) يدرس التوزيع الطيفى للنجم الثانى « دلتا أوريونيس » . كان نجما الثانى قريبين من بعضهما بدرجة كبيرة بحيث يبدوان كجسم واحد بالتلسكوب . ولكن بما أن النجمين كانا يدوران حول بعضهما ، فقد كان أحدهما يقترب من الأرض بينما يبتعد الآخر ثم ينعكس الأمر وهلم جرا .

وكان لكل نجم خطوط طيفه بحيث عندما يبتعد الأول تقترب خطوط طيفه من الطرف الأحمر للتوزيع الطيفى بينما تتحرك خطوط طيف النجم الثانى المقترّب ، من النهاية البنفسجية . ومع تبدل حركة النجمين كانت حركة خطوط الطيف هى الأخرى تتبدل . بمعنى آخر ، كانت هناك حركة مستمرة لخطوط الطيف من اتجاه لآخر وبالعكس .

غير أن هارتمان لاحظ وجود خط بعينه لا يتحرك ، وكان ذلك الخط يمثل ذرات عنصر الكالسيوم . ولما كان الخط مستقرا فهذا يعنى أن الكالسيوم لا ينتمى لأى من النجمين ، بل لابد أن يكون منتما لشئ ثابت ومستقر مثل تلك السحابة الرقيقة من الغاز الفضائى الموجودة بين النجوم

والأرض ، وقد يقول قائل ان هذه السحابة رقيقة بدرجة متناهية ، وهذا صحيح ، ولكن عدد الذرات الموجودة فيها ، على مسافة السنوات الضوئية التى تفصل بين النجم الثنائى والأرض . وقد يقول قائل ان هذه السحابة رقيقة بدرجة لمنصر الكالسيوم مما يؤدى الى رصد ذلك الخط فى التوزيع الطيفى . لقد توصل هارتمان الى اكتشاف الكالسيوم كواحد من عناصر الغاز الفضائى .

ولم تلق هذه النتيجة قبولا مباشرا ، لا سيما فى ظل وجود نتائج مناقضة ناجمة عن دراسات أخرى . وتمددت النظريات وتباينت الى أن جاء عالم الفلك الانجليزى آرثر ستانلى ادينجتون ( ١٨٨٢ - ١٩٤٤ ) وأثبت فى عام ١٩٢٦ ، بما لا يدع مجالا للشك ، أن التفسير القائل بوجود غاز فضائى تفسير صحيح . وكان قد تم فى هذه الأثناء رصد أنواع أخرى من الذرات فى الغاز الفضائى مثل ذرات الصوديوم والبوتاسيوم والتيتانيوم .

وتعد هذه المعادن من العناصر الشائعة نسبيا على الأرض ويفترض انها كذلك بالنسبة للكون بصفة عامة . غير أنه كان قد عرف فى ذلك الوقت أن الهيدروجين هو العنصر الغالب فى الكون ونسبة بالغة ، ولا بد انه كذلك بالنسبة للغاز الفضائى . وتمثل ذرات الهيدروجين ٩٠٪ من محتويات الكون ويمثل الهليوم ٩٪ ، أما سائر العناصر الأخرى مجتمعة فهى لا تزيد فى أقصى تقدير عن ١٪ . ولعلنا نتساءل كيف يرصد المرء العناصر الموجودة بكميات ضئيلة ولا يرصد العناصر الأخرى الشائعة ١٩

والاجابة بسيطة ، فمن شأن ذرات العناصر مثل الكالسيوم أن تمتص بعض أشعة من الضوء بأطوال موجات معينة ومميزة . وتلك خاصية لا يتصف بها الهيدروجين

والهليوم ، ولذلك تظهر عند دراسة طيف الضوء المرئى ، خطوط سوداء مكان أشعة الضوء التى امتصتها ذرات الكالسيوم والذرات الأخرى الموجودة فى الفراغ . أما لو كان الوسط خاليا من أية ذرات بخلاف الهيدروجين والهليوم فلا تظهر مثل هذه الخطوط فى الطيف .

غير أنه يمكن فى حالة واحدة رصد الهيدروجين ، فذرة الهيدروجين تتكون من نواة تحمل شحنة واحدة موجبة ، تماثلها الشحنة السالبة التى يحملها الإلكترون الوحيد الذى يدور حول النواة . وتكون النواة مع هذا الإلكترون « ذرة الهيدروجين المتعادلة » . وفى حالة وجود نجم ساخن قريب فان الاشعاع القوى المنبعث منه ينتزع الإلكترون بعيدا عن النواة فيتبقى « أيون الهيدروجين » . ولكن قد يحدث من آن لآخر أن يعود أيون الهيدروجين الى الاتحاد مع الإلكترون . مما يسفر عن انطلاق ذلك الكم من الطاقة الذى تسبب فى فصلهما . وهذه الطاقة هى التى يمكن رصدها .

وقد رصدت مثل هذه الاشعاعات ، المنبعثة من أيونات الهيدروجين ، فى السدم المضيئة ، كما أمكن استخدامها لدراسة النجوم الساخنة حديثة التكون ، والتى تزخر بها الأذرع اللولبية للمجرات ، حيث ان الاشعاعات المكثفة المنبعثة من هذه النجوم قد أوجدت قدرا ضخما من أيونات الهيدروجين فى مساحات تمتد لستين ضوئية حولها . وفى عام ١٩٥١ نجح عالم الفلك الأمريكى «وليم ولسون مورجان» ( ١٩٠٦ - ) فى إجراء عملية مسح للمنحنيات التى تشكلها أيونات الهيدروجين ، وفى تحديد معالم الأذرع الحلزونية لمجرتنا والتى تقع الشمس فى أحدها . وكان يعتقد حتى ذلك الحين أن مجرة درب اللبانة تتسم كلها بشكل حلزوتى ، وكانت هذه هى المرة الأولى التى يساق فيها دليل مباشر على وجود الأذرع .

غير أن أيونات الهيدروجين لم نرصد إلا في بعض المواقع فقط من المجرة ، أما الجانب الأعظم من درب اللبانة فهو مكون من نجوم صغيرة ضعيفة . ويتكون الفراغ المحيط بهذه النجوم من سحابة غاز رقيقة تحتوى على ذرات الهيدروجين المتعادلة والتي لم تكن تظهر في الأطياف الضوئية العادية . إلا أن الأبحاث أثبتت فيما بعد أن حتى ذرات الهيدروجين المتعادلة يمكن رصدها .

وتنقسم ذرات الهيدروجين المتعادلة الى نوعين : نوع يدور فيه كل من الالكترون والنواة في نفس الاتجاه ، ونوع يدور فيه الجسيمات في اتجاهين متضادين . وثمة اختلاف طفيف في مقدار الطاقة الكامنة في كل من النوعين . وقد يتصادف أن تصطدم واحدة من ذرات الهيدروجين الأقل طاقة بفوتون ضوئي شارد فتمتصه ، وتكون النتيجة أن تتحول الى واحدة من الذرات الأكثر طاقة ، ثم لا تلبث أن تعود الى وضعها الأول وتطلق كمية الطاقة التي امتصتها .

وفي عام ١٩٤٤ أثبت فلكي هولندي شاب يدعى « هندريك كريستوفل فان دى هولست » ( ١٩١٨ - ) أن هذه الطاقة تنبعث على هيئة فوتون ميكروويف يصل طول موجته الى ٢١ سم ( وتبلغ هذه الطاقة ٤٠ على مليون من بمقدار طاقة الضوء المرئي ) . وتطلق كل ذرة هيدروجين مثل هذا الشعاع بمعدل مرة كل مليون سنة في المتوسط ، ولكن بحساب العدد الضخم من ذرات الهيدروجين المنتشرة في الفضاء الخارجي يمكن في أية لحظة رصد عدد ملموس من هذه الفوتونات .

غير أن أجهزة رصد مثل هذه الفوتونات الضعيفة لم تكن ، قبل الحرب العالمية الثانية ، قد ابتكرت بعد ، ولكن تقبيل الحرب مباشرة اخترع الرادار ، وطراً عليه خلال سنوات الحرب تطور كبير . ولما كان الرادار يعمل أساساً بخزم الميكروويف فقد حدث تطور تكنولوجي ضخم في رصد هذه

الموجات ، وأصبح علم الفلك القائم على الراديو حقيقة عملية -

وباستخدام هذه التقنيات الجديدة تمكن عالم الفلك الأمريكي « ادوارد ميلز بورسيل » ( ١٩١٢ - ) من أن يرصد في عام ١٩٥١ تلك الاشعاعات التي يبلغ طول موجاتها ٢١ سم . لقد انفتح الآن الباب لدراسة الهيدروجين ، الفضائي البارد ، وأمكن بذلك جمع حجم ضخم من المعلومات الجديدة عن المجرة .

فعلى سبيل المثال ، تتكون النواة أحادية الشحنة لذرة الهيدروجين العادية من بروتون واحد ولا شيء غيره . ولكن ثمة عدد محدود من ذرات الهيدروجين تحتوى نوياتها على بروتون ونيوترون . وتحتوى مثل هذه النواة على شحنة ايجابية واحدة ولكن كتلتها تعادل ضعف كتلة النواة العادية . ويطلق على ذرة الهيدروجين الثقيلة هذه « دوتيريوم » .

ويتسم الدوتيريوم - شأنه في ذلك شأن الهيدروجين ، العادى - بأن له مستويين من الطاقة ، ويمكن أن يتحول من المستوى الأعلى الى المستوى الأدنى مع إطلاق فوتون ميكروويف بطول موجة يبلغ ٩١ سم . وفى عام ١٩٦٦ رصد علماء الفلك الأمريكيون فى جامعة شيكاغو هذا النوع من الاشعاعات ، وأصبح معروفا الآن أن الدوتيريوم يشكل نسبة ٥٪ من الهيدروجين الفضائى . وفى العام نفسه ، نجح أحد علماء الفلك السوفيت فى رصد الشعاع الميكروويف المميز لذرات الهليوم .

وقد تبين ان الذرات الاثنتى عشرة الأكثر شيوعا فى الكون ( وبالتالي فى الغاز الفضائى ) ، وفقا للترتيب التنازلى ، لدرجة شيوعها ، هى : الهيدروجين <sup>(H)</sup> والهليوم <sup>(He)</sup> والاكسجين <sup>(O)</sup> والنيون <sup>(Ne)</sup> والنيتروجين <sup>(N)</sup> والكربون <sup>(C)</sup> .

والسيليكون (Si) والمغنيسيوم (Mg) والحديد (Fe) والكبريت (S) والارجون (Ar) والالنيوم (Al) .

ويشكل الهيدروجين والهليوم كما ذكرنا سالفا ١٦٪ من الذرات في الكون . وبخلاف هذين العنصرين ، تمثل انواع الذرات العشرة الاخرى ما يربو على ٩٩٫٥٪ من بقية الذرات في الكون . بمعنى آخر فان نسبة وجود أية ذرات بخلاف الانواع ال ١٢ المذكورة تقل عن ١ الى ٢٠ ألفا ، ولذلك يمكن تجاهلها تماما .

والآن ، هل يمكن أن تتواجد ذرات الغاز الفضائي على هيئة غير الهيئة المنفردة ؟ هل يمكن أن تتحد أو تندمج ذرات أو أكثر على هيئة جزيء ؟

ان عملية الاندماج تستوجب أولا اصطدام الذرات ببعضها . غير أن المسافات الشاسعة التي تفصل بين الذرات المنفردة في الفراغ الفضائي تجعل مثل هذه الحالات نادرة الحدوث . ومع ذلك فهي تحدث ، وبما أن الكون موجود في صورته الحالية بشكل أو بآخر منذ ما يتراوح بين عشرة وخمسة عشر بليون سنة فلا بد أنه قد وقعت تصادمات كثيرة وتكونت جزيئات كثيرة . ولا شك أن مثل هذه الجزيئات بعد تكونها قد تعرضت لاشعاعات قوية واصطدمت بها جسيمات أخرى منطلقة بشدة ، مما من شأنه أن يؤدي الى انشطارتها الى مكوناتها الأصلية ، غير أن التوازن البيئي بين حالات الاندماج والانشطار قد يكفل باستمرار بقاء بعض هذه الجزيئات .

ولكن الى أي نوع من العناصر تنتمي مثل هذه الجزيئات ؟ لعلنا نتفق في البداية على استبعاد أية ذرات بخلاف الأنواع الاثنى عشر المذكورة آنفا ، فأي نوع آخر من الذرات سيكون من النادرة بحيث يستحيل أن تكون جزيئات بعدد يتيح رصدها . وسوف نستبعد أيضا ثلاثة أنواع من قائمة



الـ ١٢ ، وهى ذرات الهليوم والنيون والارجون باعتبار انها لا تتحد مع ذرات أخرى فى ظل أى من الظروف المعروفة . وبالنسبة لذرات السيليكون والمنيسيوم والحديد والألمنيوم فليس من شأنها أن تكون جزيئات صغيرة ولكنها تميل أكثر الى أن تضيف المزيد والمزيد من الذرات نفسها الى جانب الاتحاد مع أنواع أخرى من الذرات مثل الاكسجين لتكون جسيمات الغبار .

ولا تزيد نسبة جسيمات الغبار عن ١٪ من كتلة الغاز الفضائى . واذا كانت الذرات المفردة والجزيئات الصغيرة لا تمتص قدرا ملموسا من ضوء الشمس بحيث يظل الفضاء الخارجى شفافا بصفة عامة ، فان الغبار يتسم بقدرة امتصاص عالية تفوق مائة ألف مثل قدرة الغاز . اذن ، فعندما يكثف الغبار فى منطقة فضائية تبدو النجوم الواقعة خلف هذه المنطقة باهتة ضعيفة ، وقد تصل نسبة الغبار لدرجة تحجب تماما النجوم ، ويظهر ذلك فى «السدُم المظلمة» التى أشرنا إليها فى الفصل السابق .

وتبقى خمسة أنواع من الذرات التى يمكن أن تكون جزيئات حقيقية ، وليس جسيمات غبار ، وهى بترتيب درجة شيعوها : الهيدروجين والاكسجين والنيتروجين والكربون والكبريت . فهل هناك اندماجات بين هذه الذرات بكميات قابلة للرصد ؟

الاجابة : نعم ، حيث ان بعض هذه الاندماجات - عندما تحرر الطاقة الممتصة - تنبعث منها اشعاعات تدخل فى حيز الضوء المرئى ومن ثم يمكن رصدها بوسائل القياس الطيفى العادية ، وتستخدم هذه الطريقة منذ عام ١٩٤١ . ومن بين هذه الاندماجات : «السيانيد» (CN) الناجم عن اندماج الكربون والنيتروجين ، و«الميثين» (CH) الناتج عن اندماج الكربون والهيدروجين . والميثين ذو الاكترون الغائب  $CH^+$

ولو ان هذه الاندماجات الثلاثة كانت على الأرض لما بقيت على حالها ، فهي تتسم بنشاط بالغ بحيث كانت ستتحد سريعاً مع ذرات أو جزيئات أخرى لتكوين جزيئات أكثر تعقيداً وأكثر استقراراً . غير أن الوسط الفضائي الرقيق لا يتيح حدوث تصادمات كثيرة ، فتبقى هذه الاندماجات على حالتها غير المستقرة ، لبعض الوقت على الأقل .

ولما لم يكن هناك اندماجات جزيئية أخرى تصدر أشعة في حيز الضوء المرئي ، بدا لفترة كما لو كان علماء الفلك قد وصلوا الى نهاية المطاف . ولكن في عام ١٩٥٣ أعلن عالم الفلك السوفيتي « ايوزيف صمويلوفيتش شكولوفسكي » ( ١٩١٦ - ١٩٨٥ ) أن ذرات الأكسجين تفوق في شيوعها كل من الكربون والنيتروجين بحيث ان نسبة « الهيدروكسيل » الناجم عن اندماج الأكسجين والهيدروجين ، تتجاوز السيانيد والميثين في الفضاء . ويتسم الهيدروكسيل أيضاً بعدم الاستقرار ولا يمكن أن يبقى على الأرض بهيئته هذه ، ولا مجال لأن يوجد الا في الوسط الفضائي ، فضلاً عن أنه لا يصدر أشعة في حيز الضوء المرئي ولكنه يبعث بدلاً منها فوتونات ميكروويف .

وقد أظهرت الحسابات أن الهيدروكسيل يمكن أن يصدر أربعة أنواع من موجات الميكروويف المختلفة في طول موجاتها ، ويعد ذلك بمثابة « البصمة » المميزة لهذا الاندماج . وفي أكتوبر ١٩٦٣ تم رصد بصمة الهيدروكسيل وانفتح المجال لمزيد من التوصيف والاكتشافات .

ولما كان الهيدروجين في الوسط الفضائي هو العنصر الأكثر شيوعاً يفارق كثير ، نتوقع أن تكون ٩٩٫٨٪ من حالات التصادم بين الذرات هي بين ذرتي هيدروجين . وذلك يعني أن جزيء الهيدروجين ( $H_2$ ) الناجم عن اندماج ذرتين من هذا العنصر ، سيكون الجزيء الأكثر انتشاراً في

الفضاء • وفى عام ١٩٧٠ تم رصد الاشعاع الميكروويف  
المميز لجزئىء الهيدروجين فى السحب الفضائية •

وقد تم حتى الآن رصد ١٣ نوعا من الاندماجات  
ثنائية الذرات وهى  $\text{NO}, \text{HO}, \text{CC}, \text{CS}, \text{CN}, \text{CH} + \text{CH}, \text{CO}, \text{H}_2$  ويحتوى الأخيران على ذرة سيليكون فى كل  
مما قد يضمهما فى قائمة جسيمات الغبار • ومن الملاحظ  
أيضا أن ستة جزيئات من بين الـ ١٣ تحتوى على ذرة كربون •

ولم يكن العلماء فى منتصف الستينات يتوقعون رصد  
اندماجات فى الفضاء تحتوى على ثلاث ذرات أو أكثر ، غير  
أنهم كانوا مقتنعين بأن مثل هذه الاندماجات قد تحدث  
بطريق الصدفة إذا اصطدم مثلا جزئىء ثنائى مع ذرة  
هيدروجين أو ( بنسبة احتمال أقل ) مع نوع آخر من  
الذرات أو ( بنسبة احتمال متناهية ) مع جزئىء ثنائى آخر •  
وكانوا يرون أن احتمال حدوث اندماجات من هذا القبيل  
بكميات ملموسة احتمال ضئيل حتى فى سحب الغاز التى  
تزيد فيها الكثافة عن الوسط الفضائى •

بيد أن عام ١٩٦٨ جاء بمفاجأة كبيرة كانت بمثابة  
ثورة فكرية وأرست العلم الجديد المعروف باسم « الكيمياء  
الفلكية » • ففى نوفمبر من ذلك العام تم رصد « بصمة »  
جزئىء الماء ( $\text{H}_2\text{O}$ ) وجزئىء الامونيا ( $\text{NH}_3$ ) • ويتكون  
جزئىء الماء كما نرى من ثلاث ذرات وجزئىء الامونيا من  
أربع ذرات •

وتتسم هذه الجزيئات بدرجة استقرار بالغة وهى عناصر  
شائعة على الكواكب ، فالأرض بها محيطات كاملة من المياه  
بينما تشكل الامونيا نسبة من مكونات الغلاف الجوى فى كل  
من الكواكب الغازية العملاقة • ولعلنا نتساءل الآن كيف  
تبنى أن تكونت مثل هذه الجزيئات المعقدة فى الوسط

الفضائي بكميات يمكن رصدها بينما لا تتيح الظروف في هذا الوسط وقوع التصادمات اللازمة لمثل هذه التفاعلات بالمعدل الملائم .

وقد تم حتى الآن رصد ما لا يقل عن ١٢ نوعا مختلفا من الجزيئات التي تضم ثلاث ذرات في الفراغ الفضائي ، منها ثمانية تحتوي على ذرة كربون . كما تم اكتشاف تسعة جزيئات أخرى يتكون كل منها من أربع ذرات ، وتحتوي ثمانية جزيئات من التسعة على ذرة كربون ( أما الجزيء التاسع وهو لعنصر الامونيا ، فهو الوحيد الذي لا يحتوي على الكربون ) .

وتشمل آخر احصائية اطلعت عليها ٢٤ نوعا من الجزيئات التي تحتوي على أكثر من أربع ذرات وكلها بلا استثناء تضم ذرة كربون . ويتكون أضخم واحد من هذه الجزيئات من سلسلة تضم ١٣ ذرة ، منها ١١ ذرة كربون وذرة هيدروجين في أحد طرفي السلسلة وذرة نيتروجين في الطرف الآخر .

وكلما ازدادت الجزيئات الفضائية تعقيدا شكل أسلوب تكونها لغزا أكبر ، فكلما كان الجزيء ضخما كان أقل تماسكا وأكثر تعرضا للانقسام نتيجة اصطدام فوتونات الضوء به . وثمة اعتقاد بأن جسيمات الغبار الموجودة في سحب الغاز الفضائي تعمل كدروع واق للجزيئات المكونة بما يتيح لها استمرار البقاء .

وقد طرحت تصورات عديدة لأنواع شتى من التصادمات تحت أنواع مختلفة من الظروف ، وأجريت حسابات مبنية على هذه الفروض ، وذلك من أجل استنتاج الاعداد النسبية للجزيئات المكونة في الفراغ الفضائي وأنواعها . ولكن ما من طريقة أسفرت عن نتائج قاطعة . غير أن الخلاصة العامة لهذا العمل تفيد بأن الكيمياء الفضائية تعد غير

مألوفة نظرا لما يحيط بالتفاعلات من ظروف بالغة الغرابة ، ولكنها فى النهاية تخضع لنفس القوانين الكيميائية والفيزيائية السائدة على الأرض .

وتجدر الاشارة الى أن ذرات الكربون تنتشر بشكل ملحوظ فى كل الجزيئات التى تحتوى على ثلاث ذرات فأكثر ، وعددها ٤٦ من بين الأنواع الـ ٥٩ من الجزيئات التى تم تحديدها فى الفراغ الفضائى - ويمعت ذلك على الاعتقاد بأن ذرات الكربون فى الفضاء الخارجى ، حيث يكون الفراغ شبه تام وتكون الظروف مقتلفة كليا عن تلك السائدة على الأرض ، تشكل نويات تقوم عليها البنية المعقدة للجزيئات .

ولا يبدو مطلقا أن علماء الفلك قد قنعوا بالأنواع الـ ٥٩ المختلفة من الاندماجات الذرية المكتشفة حتى الآن ، فقد يكون هناك مئات أو آلاف من الاندماجات المتباينة فى سحب الغاز ، ولكن ما السبيل الى رصدها ؟ ولا شك أنه كلما ازداد الجزيء تعقيدا كان موضع اهتمام أكبر ، ولكن فى نفس الوقت كان أقل عددا وبالتالي أصعب فى رصده .

وعلى ذلك فمن غير المستبعد أن تكون هناك جزيئات سكر بسيطة أو جزيئات أحماض أمينية شاردة هنا وهناك وتحجبها سحب الغاز الضخمة التى تقاس أبعادها بالسنين الضوئية . ولو تجمعت هذه الكميات الطفيفة المنتشرة فى هذا الفضاء الفسيح ربما بلغت أطنانا ، ولكنها ستظل بلا شك بعيدة المنال ولن ترصد فى المستقبل القريب .

وينبغى لنا الآن أن نسمى جاهدين من أجل التوصل بدقة الى كيفية تكون تلك الجزيئات التى تم رصدها بالفعل . ولو نجح العلماء فى وضع تصور دقيق ومقبول لآلية تكون هذه الجزيئات فقد يساعد ذلك على استنتاج مزيد من التفاعلات التى تؤدى الى تكون جزيئات أكثر تعقيدا . وقد ينطوى ذلك على احتمالات رائعة بالغة التشويق .

وهناك بالفعل عالم فلك بريطاني يرمى «فريد هويل» ( ١٩١٥ - ) يبدى اعتقاده باحتمال وجود جزينات في السحب الفضائية تبلغ حدا من التعقيد يكفى لان تكثسى بعض خصائص الحياة . غير أن « هويل » مازال ، فى اطار هذا الفكر ، يشكل أقلية قد لا تتجاوزه هو شخصيا .

ومازالت الاحتمالات ضئيلة للغاية فى أن تكون الجزيئات والجسيمات التى تزين السحب الفضائية لها علاقة بمسألة تكوين الحياة حتى وان كانت هى نفسها خالية من أية سمة للحياة .

ولقد تكونت مجموعتنا الشمسية نتيجة تكثف سحابة غاز وغبار فضائية . واذا كانت الدلائل تشير الى أن الكتل الصلبة التى كونت الأرض لابد أن تكون قد تعرضت خلال عملية التكون لارتفاع بالغ فى الحرارة - وهذا من شأنه أن يدمر أى مركبات كربون معقدة ، ان وجدت - فربما كانت الأرض فى مهدها محاطة بطبقة رقيقة من الغاز (المتبقى بعد عملية التكون ) تحتوى على بعض أنواع الجزيئات العضوية المختلفة . ومن غير المستبعد أن تكون الرياح الشمسية المبكرة قد عصفت بمعظم هذا الغاز ولكن قد يكون البعض منه قد امتزج مع الغلاف الجوى الأولى للأرض ومع المحيطات .

ونقول بمباراة أخرى : هل نحن مخطئون فى محاولة ارجاع أصل الحياة على الأرض الى لبناتها الأولى ، أى الى الجزيئات بالغة البساطة ؟ نفترض أن الأرض فى بدايتها كانت تحتوى على بعض ، على الأقل ، من الجزيئات الأكثر تعقيدا ، وانها بدأت بينما كان قد قطع شوط فى الطريق الى نشأة الحياة .

ومن شأن الأجسام الضئيلة فى المجموعة الشمسية أن تحتفظ بهذه الجزيئات الأصلية . فهناك ، على سبيل المثال، نوع من النيازك يحتوى على كميات ضئيلة من الأحماض الأمينية ومن الجزيئات التى تشبه الدهون .

وقد تحتوي المذنبات أيضا على مثل هذا النوع من  
 الجزيئات . ويعتقد « هويل » أن المذنبات قد تكون مهددة  
 لصور الحياة البدائية ، ولا يستبعد أن تحتوي على جزيئات  
 تبلغ درجة من التعقيد بحيث تماثل جزيئات الفيروسات .  
 بل انه يذهب الى أبعد من ذلك حيث يتصور احتمال انتقال  
 نوع من الفيروسات الى الغلاف الجوي للأرض نتيجة احتكاك  
 أحد المذنبات بها . وقد يكون هذا الفيروس من النوع المسبب  
 للمرض والذي لا يملك الانسان ازاءه الا قدرا ضئيلا من  
 المناعة .

أيكون ذلك هو أصل الوباء المفاجيء الذي يحتاج  
 الأرض بين الدهر والدهر ، مثل ذلك الذي وقع في القرن  
 ال ١٤ على سبيل المثال ، وعرف باسم « الموت الاسود » ؟ وقد  
 يفكر المرء في انه لو كانت الأرض قد مرت بالفعل عبر ذيل  
 المذنب هالي وفقا للتوقعات في عام ١٩١٠ ، ربما تكون قد  
 انتقلت اليها بعض الفيروسات التي تكاثرت بعد ذلك  
 وتسببت في عام ١٩١٨ في انتشار وباء الانفلونزا .

غير اني لم أقتنع مطلقا بكل ذلك ، بل ولا أذكر أي عالم  
 اتفق مع هويل فيما ذهب اليه من تكهنات متطرفة ، ولكني  
 مندهش لأن هذه الأفكار لم تستغل حتى الآن كمادة لقصص  
 الخيال العلمي .

أو ربما حدث ذلك دون أن أدري ، فلم يعد في وسعي  
 قراءة كل ما ينشر من قصص الخيال العلمي .

## الفصل الخامس عشر

### قاعدة كثرة الضئيل

تصلني دائما رسائل تحمل أسئلة شتى ، ويفترض أصحاب هذه الرسائل أولا انى محيط بكل شيء ، وثانيا انى أدير مكتب استعلامات مجانيا .

ومع ذلك فانى أحاول الرد ما أمكننى ذلك ، لأنى أكره خذلان الناس ، لا سيما من يتسم منهم بقدر من الكياسة بحيث يرفق مع رسالته مظلوما عليه عنوانه وطابع البريد . وقد يلاحظ القارئ انى قلت : « ما أمكننى ذلك » ، فأحيانا ترد الى أسئلة فى مواضيع لا أعرف عنها شيئا ، وأحيانا أخرى قد يتطلب الرد صفحات وصفحات فلا أجد الوقت لذلك .

وتصلني بين الحين والحين رسالة تموضنى عن كل تمبى ، وهى تلك التى تحمل سؤالا يجعلنى أفكر . وقد وردت الى مؤخرا رسالة من احدى السيدات تسألنى ما هو الفرق بين النجم والكوكب . فتعلمت وهممت بالرد عليها قائلا : « النجم هو جسم ضخم تحدث فى جوفه تفاعلات نووية تجعله يتوهج نتيجة الحرارة ويقضى ، أما الكوكب فهو يدور حول النجم ويتسم بضالة الحجم بما لا يتيح حدوث تفاعلات نووية فى جوفه وبالتالي فهو معتم ولا يضوى الا نتيجة انكاس الضوء الساقط عليه من النجم » .

ثم توقفت وقد أصابنى شيء من الدهشة وبدأت أفكر . هل يمكن الفصل فى مسألة النجوم والكواكب بهذه السهولة ، وقررت أن أكتب مقالة عن هذا الموضوع .



لو تأملنا فئة معينة من العناصر المتباينة في حجمها فسوف نكتشف أنه كلما قل حجم العنصر زاد انتشاره وكثر عدده . ومن ثم نجد عدد الحجارة يفوق عدد الصخور ، ويزيد الحصى على الحجارة وحبات الرمل على الحصى . كذلك نلاحظ أن أعداد الحمار الوحشي تفوق أعداد الفيلة ، وتكثر الفئران على الحمير ، والذباب على الفئران والبيكتريا على الذباب .

وتنسحب فيما يبدو « قاعدة كثرة الضئيل » هذه ( كما يحلو لي أن اسميها ) على الأجسام الفلكية أيضا . وتتلحق أول دلالة على ذلك بدرجة ضوء النجوم . وكان عالم الفلك اليوناني القديم هيبارخوس قد قسم النجوم الى ست فئات - يحتوى « المقدار الأول » على النجوم الأكثر بريقا ثم يتدرج التصنيف تنازليا حتى « المقدار السادس » ويشمل النجوم الأكثر عتامة . ونلاحظ في هذا المجال أيضا أن عدد نجوم « المقدار الأول » قليل ، ويزيد هذا العدد مع كل « مقدار » حتى نصل الى المقدار السادس فنجد أنه يشمل ما يربو على نصف عدد النجوم المرئية .

وكان يدهيها أن يعتقد الناس في العصور القديمة والقرون الوسطى أنه لا يوجد في السماء سوى تلك النجوم المرئية ، فإذا كان المرء لا يرى شيئا ، فهو غير موجود . ولما ابتكر التلسكوب اتضح أن هناك نجوما خافتة بدرجة تجعلها لا تظهر للعين المجردة . فازداد عدد المراتب في اتجاه العتامة . وأصبح هناك المقدار السابع والثامن وهلم جرا . وكلما انتقلنا من مرتبة الى أخرى في مستوى العتامة ازداد عدد النجوم .

وكان القدماء يعتقدون بالطبع أن النجوم كلها تقع على كرة سماوية صلبة تحيط بالأرض وبالتالي فهي على نفس البعد منا . ومعنى ذلك أن التباين في درجة بريق النجوم انما يعزى الى اختلاف حجمها ( وهذا هو سبب تسمية الفئات

« بالمقدار » حيث انه اسم ينم عن الحجم أكثر منه درجة البريق ، وان كنا هنا سنستخدم لفظ « مرتبة » بدلا منه لتلاؤمه أكثر مع المعنى باللغة العربية ) • لا يبدو غريبا اذن أن تكون النجوم الضئيلة أكثر عددا من الكبيرة •

أما الآن وقد علمنا أن النجوم تقع على مسافات متباينة من الأرض ، أصبحت درجة البريق لا ترتفع بالحجم وحده وانما ببعد المسافة أيضا •

غير أنه يمكن التغلب على مسألة اختلاف مسافات النجوم باختيار مسافة ثابتة ، ولتكن عشرة فراسخ فضائية ( أى ٣٢٦ سنة ضوئية ) ، وحساب مستوى بريق النجم عند هذه المسافة ، ونحصل بذلك على ما يسمى « بالمرتبة المطلقة » للنجم • ولو رتبنا النجوم وفقا لمرتبتها المطلقة فسنجد أنه كلما علت المرتبة قلت درجة البريق الحقيقي للنجم (أى «شدة اضاءته» أو «Luminosity» ) وقلت كتلته وكثر عدد النجوم من فئته • وبالقيااس يتضح أن كل نجم يفوق الشمس فى كتلته ، وبالتالي فى بريقه ، يقابله عشرون نجما يقلون عن الشمس فى الكتلة ودرجة البريق •

تزيد اذن شدة الاضاءة وتقل وفقا لتغير الكتلة ، ولكن بمعدل أكبر كثيرا • فالنجم المعروف باسم «الغيمصاء» أو الشعرى الشامية (Procyon) يزيد فى كتلته عن الشمس بنسبة ١.٨ ولكنه يفوقها فى شدة الاضاءة بنسبة ٥.٨ • وتزيد كتلة « الشعرى اليمانية » (Sirius) عن الشمس بنسبة ٢.٥ بينما تصل هذه النسبة الى ٢٣ مثلا فيما يتعلق بشدة الاضاءة • وفى المقابل تبلغ نسبة كتلة النجم « ٧٠ أفيرشى أ » (70 Ophiuchi A) الى كتلة الشمس ٩٥.٠ • بينما تقل هذه النسبة لتصل الى ٣٦.٠ فيما يتعلق بشدة الاضاءة •

ومع استمرار تناقص الكتلة فى فئة النجوم سنصل الى نقطة تكون فيها شدة اضاءة النجم ضعيفة بدرجة لا تتيح رؤيته • وذلك يعنى أننا على مقربة من الخط الفاصل الذى

يفرق بين النجوم والكواكب - فما هو اذن أقل نجم معروف  
فى شدة اضامته ؟

وكننت قد حددت هذا النجم فى كتابى الصادر عام  
١٩٧٦ بعنوان « ألفا قنطورى أقرب النجوم الى الأرض »  
(Alpha Centauri, the nearest star) ، وقلت انه النجم  
« فان بيبسبروك » (Van Biebroek) الذى يحمل هذا الاسم  
نسبة لعالم الفلك الأمريكى البلجيكى الأصل « جورج  
فان بيبسبروك » الذى اكتشفه فى عام ١٩٤٠ ، ويمكن  
اختصار هذا الاسم الى « ف ب ١٠ » .

وتقدر المرتبة المطلقة للنجم « ف ب ١٠ » ، وفقا لأحدث  
معلومات ، ب ١٨ر٦ وذلك يعنى أن هذا النجم يقل فى مرتبته  
عن الشمس بنسبة ١ : ١٣ر٩ . وتعد المرتبة ، من وجهة  
النظر الرياضية ، دالة لوفاريمية ، أى أن كل وحدة مرتبة  
تتضمن انخفاضا فى شدة الاضاءة بنسبة ٢٥١٢ . وذلك

من شدة اضاءة « ف ب ١٠ » أو زهام ١ :  
تساوى ١ : ٣٥٠٠٠٠ أو ٣٠٠٠٠٠٠ ر- من الشمس أو  
باختصار ٣٠٠٠ ر- ( ش ) .

ولو احتل مثل هذا النجم مكان الشمس لوجدنا فى  
السماء جسما يقل غناها كثيرا فى الحجم ، حيث يقدر قطره  
بما لا يزيد على ٢٠٠ ألف كم أى ١/١٠ من قيمة قطر الشمس ،  
وذلك يعنى أن زاويته القطرية ستربو قليلا على ٤ دقائق  
وسيبدو كقرص ضئيل للغاية بدلا من مجرد نقطة مضيئة .

وسوف يشع النجم « ف ب ١٠ » ضوءا أحمر ، لأن حجمه  
لا يتيح تولد قدر كاف من الطاقة النووية فى جوفه بما يرفع  
درجة الحرارة على سطحه لأكثر من درجة التوهج الأحمر .  
ولم يكن ضوء ذلك النجم سيتجاوز ١٣ر٣ مثل ضوء القمر  
وهو بدر ، أى أن نهار الأرض سيكون كمثل الليل فى ضوء  
يزيد قليلا على ضوء القمر . أما عن القمر نفسه ، فانه

سيمكس في مثل هذه الحالة الضوء الأحمر المنبعث من « ف ب ١٠ » ، وبالتالي لن يتجاوز كل ما سيشفه من ضوء يريق نجم مثل « السماك الرامح » (Acturus) . ويتوزع هذا القدر من الضوء على سطح القمر لي يصبح مرئيا بالمرّة بالعين المجردة .

وقد ظل « ف ب ١٠ » محتفظا بمكانته الى أن اكتشف في عام ١٩٨١ نجم أكثر عتامة ، ثم اكتشف آخر في عام ١٩٨٣ يفوقهما عتامة . ومازال هذا النجم الأخير المعروف باسم « ل . ه . م . س ٢٩٢٤ » (LHS 2924) يتذيل القائمة وتبلغ قيمة مرتبته المطلقة ٢٠ ، وهذا يعنى أن شدة اضاءته تعادل من شدة اضاءة « في ب ١٠ » أو زهام ١ : ١٢٠٠٠٠ ر . من شدة اضاءة الشمس (  $8 \times 10^7$  ش ) ولو احتل موقع الشمس لكانت نسبة ضوئه ٢ : ٥ من ضوء القمر وهو بدر .

وقد نتساءل ما هي كتلة مثل هذه النجوم بالغة الضعف؟ ان الرد على هذا السؤال بإجابة تتسم بأى نوع من اليقين أمر بالغ الصعوبة . ولكن تفيد أقرب التقديرات بأنها فى حدود ٠.٦ ر . من كتلة الشمس ( أو  $\frac{1}{16}$  من كتلة الشمس ) . ولعلنا الآن نتناول الموضوع من طرفه الآخر ونتساءل با هو أثقل جسم معروف فى نطاق الاجرام التى لا تتيح كتلتها تولد قدر كاف من أى نوع من الحرارة بما يجعله يسطع ذاتيا ؟

والاجابة على هذا السؤال سهلة حيث يعد كوكب المشترى (Jupiter) هو أضخم جسم غير متوهج وان هو مرئى الا بفضل انعكاس ضوء الشمس عليه .

وتبلغ كتلة المشترى  $\frac{1}{1047}$  من كتلة الشمس (  $10^{-3}$  ر . ش ) ، أى أن كتلة النجم « ل ه م س ٢٩٢٤ » تعادل ٦٠ مثل كتلة المشترى ( أى  $60 \times 10^{-3}$  م ) وهذا يعنى أن الخط

الفاصل بين النجم والكوكب يقع فى مكان ما فيما بين ( ١ م ) و ( ٦٠ م ) . وقد لا يكون هذا البُعدُ فاصلا حادا ، لأن هناك عوامل أخرى غير الكتلة ( مثل التركيب الكيميائى للجسم ) قد تؤثر على قدرة الجسم على توليد الضوء ذاتيا .

ومع ذلك يمكن على سبيل القياس اعتبار ( ١٠ م ) هى الخط الفاصل ، أى أن أى جسم تقل كتلته عن ١٠ أمثال كتلة المشترى يعتبر كوكبا بينما يدخل أى جسم يزيد فى كتلته على ١٠ أمثال المشترى فى فئة النجوم .

ومن المسلم به أن عدد الكواكب فى الكون ينبغي ، طبقا لقاعدة كثرة الضئيل ، أن يزيد كثيرا على عدد النجوم ، لأن الكواكب ضئيلة والنجوم كبيرة الحجم .

وينطبق ذلك تماما على مجموعتنا الشمسية ، فهى تحتوى على جسم واحد فقط يبلغ من الحجم ما يؤهله لأن يكون نجما وهو الشمس ، وتشتمل فى المقابل على عدد لا حصر له من الأجسام الممتدة التى تدور حول الشمس والتى تتباين فى حجمها مع المشترى إلى جسيمات الغبار الميكروسكوبية .

وتعد « المتعلقات الغازية » : « المشترى » و « زحل » و « أورانوس » و « نبتون » هى أكبر أربعة أجسام تدور حول الشمس ، ويربو قليلا مجموع كتلتها على ٩٩٪ من اجمالى كتلة الاجرام التى تدور حول الشمس . أما سائر الأجسام الأخرى بما فيها الأرض وكل الكواكب الصغيرة والأقمار والشهب والنيازك والمذنبات فهى تقل مجتمعة عن نسبة الواحد فى المائة المتبقية . ويمكن القول بنظرة عملية أن المجموعة الشمسية تتكون مع الشمس وأربعة كواكب ثم مجموعة شتات لا تذكر .

.. ويمد أورانوس أصفر عملاق غازى يدور حول الشمس ولا تزيد كتلته على ١/٣ من كتلة المشترى . وينطبق ذلك مع :

القول بأن كل الأجسام التي تزيد كتلتها على « ١٠ م » تعتبر نجوما والتي تقل كتلتها عن « ١٠ م » وحتى « ٥-١٠ م » تعتبر كواكب ، إما ما يقل عن ذلك ( بما فيها الأرض ) فتعتبر « كويكبات » .

اذن ، تتكون مجموعتنا الشمسية وفقا لهذا التعريف من نجم واحد وأربعة كواكب وعدد لا يحصى من الكويكبات . ولو كانت النجوم الأخرى في الكون تحيط بها مجموعة كمجموعتنا الشمسية ( وهذا هو الانطباع العام لدى علماء الفلك ) فهذا يعنى أن عدد الكواكب في الكون يعادل أربعة أمثال عدد النجوم .

غير أن هذا الرأى يقصر الكواكب على تلك الاجسام الممتعة التي تدور حول النجوم . أليس من الوارد أن تكون هناك كواكب مستقلة تماما عن النجوم ؟

ثم ألا يكثر عدد النجوم لو قل حجمها ( وفقا لقاعدة كثرة الضئيل ) ؟ فلماذا اذن نقصر أنفسنا على تلك النجوم التي نرصدها بما لدينا من أجهزة ونفعل كسلفنا حين قصرنا عدد النجوم على ما يرونه بالعين المجردة ؟

وأيا كان الأسلوب الذى يتكون به النجم ، فمن شأنه أن يسفر عن تكون نجوم متوسطة الحجم بأعداد أكبر من النجوم الضخمة ، ونجوم ضئيلة بأعداد أكبر وأكبر من النجوم المتوسطة . والآن أليس من الواضح أن يقضى هذا الأسلوب الى تكون نجوم صغيرة للغاية لدرجة لا تسمح لها بتولد تفاعلات نووية تتيح توهجها ؟ لو تكون مثل هذه « النجوم » بالغة الضالة سوى كواكب لا تدور حول أى نجم ، ولكنها ستدور بشكل منفرد مستقل حول مركز المجرة . انها ستكون أشبه بالكويكبات السيارة فى المجموعة الشمسية ، فهذه الكويكبات ضئيلة لدرجة تؤهلها لأن تكون أقمارا ومع ذلك فهي ليست بأقمار ، ولذلك تدور حول الشمس مباشرة بدلا من الدوران حول أى كوكب قريب .

وهناك اتجاه لتسمية هذه الأجسام الكوكبية المستقلة.  
« بالمتقرزمات السوداء » ، ولكنى لا أجد هذا الاسم ملائما ،  
لانه يستخدم أيضا فى حالة المتقرزمات البيضاء وهى النجوم  
التي وصلت الى نهاية أجلها فلم تعد تشهد تفاعلات نووية ،  
وانخفضت حرارتها لدرجة أنها لم تعد تشع أى قدر ملموس  
من الضوء ، فضلا عن أن مثل هذه المتقرزمات قد تكون كتلتها  
أكبر كثيرا من تلك التي نضعها فى مصاف الأجسام  
الكوكبية .

ويبدو لى أنه من الأنسب أن نطلق على الأجسام الكوكبية  
المستقلة فى المجرة اسم « الكواكب الأولية » وعلى الأجسام  
الكوكبية التي تدور حول النجوم اسم « الكواكب الثانوية »  
( وقد نستخدم أيضا وصف أولية وثانوية فى تقسيم  
الكويكبات ) .

ورغم أنه قد تم رصد عدد لا حصر له من النجوم فى  
مجموعتنا الشمسية فلم يحدث أن رصدت على وجه اليقين  
كواكب ثانوية بخلاف الأربعة المذكورين سلفا - صحيح أنه  
قد رصدت ذبذبات فى حركة بعض النجوم القريبة وفسرها  
البعض بوجود كواكب ثانوية تدور حولها غير أن مثل هذا  
التفسير لم يعد مقبولا بصفة عامة .

وقد رصدت فى وقت لاحق أحزمة من الغبار والعصى  
حول بعض النجوم وفسرها أيضا البعض بوجود كواكب  
ثانوية ، غير أن تلك المسألة مازالت موضع شك .

أما بالنسبة للكواكب الأولية فيبدو الوضع أصعب  
كثيرا . فإذا كان الأمل فى رصد كواكب ثانوية يقترن على  
وجه التحديد بوجود نجم قريب ، حيث أنها اما ستؤثر بقوة  
جاذبيتها على مساره فتتذبذب حركته بما ينم عن وجودها ،  
وأما ستعكس ضوءه فتترصد ، فإن تعريف الكواكب الأولية

( ان وجدت ) يقتضى عدم وجود نجوم قريبة منها ،  
فلا تذبذب فى حركة نجم ولا انعكاس لضوء .

فهل يمكن بعد ذلك رصد الكواكب الأولية بالملاحظة  
المباشرة ؟

نعم ، ذلك أمر وارد !

فحتى لو كان مجال جاذبية مثل هذا الكوكب أضعف من  
أن يرصد ، وحتى اذا لم تكن لديه القدرة ليشع ضوءا ذاتيا ،  
أو لديه الفرصة ليعكس ضوءا آخر ، فمازال هناك احتمال  
أن يكون ساخنا بدرجة تكفى لأن يصدر قدرا من الأشعة تحت  
الحمراء أو أى نوع مميز من الاشعاعات الميكروويف ،  
وبالتالى يمكن إيجاد وسيلة لرصده .

ويمكن تعزيز امكانية رصد مثل هذا النجم بوحدة من  
وسيلتين : اما عن طريق نشر تلسكوب فضائى ضخم تتجاوز  
قدرته التلسكوبات الأرضية ، أو عن طريق ارسال سنفن  
فضاء تحمل روادا فى مهام استكشافية الى أبعد كثيرا من  
نطاق المجموعة الشمسية .

وثمة احتمال أخير وان كان بالغ الضآلة ، فقد يكون  
أحد هذه الكواكب الأولية يدور حول مركز مجرة ما فى مسار  
يتقاطع مع الشمس . وقد يتصادف أن يشق هذا الكوكب  
طريقه من الفراغ الفضائى متجها صوب الغلاف الخارجى  
لمجموعتنا الشمسية . وأى إيهار سنشمر به لو حدث ذلك !

ومازال هناك أنواع أخرى من الدلائل والبراهين .

فالملومات المتاحة لدينا تبعث على تقدير كتلة المجرة  
التمطية ( مثل مجرتنا على سبيل المثال ) بمائة بليون مثل  
كتلة الشمس . وتتركز هذه الكتلة أساسا صوب جوف  
المجرة ، حيث قد يتواجد نحو ٩٠٪ من الكتلة فى جوفها  
العميق ، ولا يمثل هذا الجوف الا نسبة ضئيلة من الحجم



الاجمالي للمجرة بينما تنتشر نسبة الـ ١٠٪ المتبقية في المناطق الخارجية الفسيحة .

ويشكل ذلك بعض التماثل مع مجموعتنا الشمسية حيث تتركز معظم الكتلة في الشمس المركزية بينما تنتشر نسبة ضئيلة في المناطق الخارجية الممتدة للمجموعة .

ولو كان هذا التوزيع يشكل بالفعل بنية المجرات النمطية فهذا يعني أن دوران الأجسام الكوكبية في هذه المجرات سيمثل ما يحدث في مجموعتنا الشمسية . فإذا كانت النواكب في مجموعتنا على سبيل المثال ، تدور حول الشمس يمدل (بطا كلما زاد بعد مداراتها ، وذلك بسبب تضائل قوة جاذبية الشمس ، فإن علماء الفلك يتوقعون بالقياس انه كلما ازداد بعد أية منطقة مجرية عن مركز المجرة قلت سرعة دوران النجوم في هذه المنطقة .

غير أن العلماء نجحوا في السنوات الأخيرة في قياس معدلات الدوران في مناطق مجرية على أبعاد متزايدة من المركز ولشد ما كانت دهشتهم أن اكتشفوا خطأ تقديراتهم ، فلم تكن معدلات الدوران تقل مع المسافة حسب توقعاتهم .

نستنتج من ذلك إذن أن كتلة المجرة ليست مركزة صوب الجوف كما كان يعتقد ، بل لا بد وأن تكون منتشرة للخارج إلى أبعد مما يبدو من حدود للمجرة .

ومن التفسيرات المطروحة ان تكون كل مجرة ( بما فيها مجرتنا ) محاطة - علاوة على النجوم المرئية ، بهالة من الأجسام غير المرئية ، وبالتالي تتسم بكتلة تزيد كثيرا على تقديراتنا .

ولو كان ذلك التفسير صحيحا فانه يحل مشكلة أخرى ! فالمجرات مقسمة الى مجموعات مختلفة الحجم . ولو تدارسنا واحدة من هذه المجموعات فسنبجد المجرات تتحرك بشكل عشوائي في اطارها . ومن شأن مثل هذه التحركات

العشوائية ان تؤدي الى افلات المجرات وانهيار المجموعة ،  
الا لو كان مجال جاذبية المجموعة ككل شديدا لدرجة تربط  
الاجسام الى بعضها رغم تحركاتها • غير أن كتلة المجموعة ،  
وفقا لمحتوياتها من النجوم المرئية ، لا تكفى لايجاد مثل هذا  
المجال القوى ، لا سيما كلما ازداد حجم المجموعة •

الا أن ذلك اللغز يبدو أقل صعوبة بمجرد الأخذ في  
الحسبان بكتلة تلك الهالة غير المرئية ، وبافتراض انتشار  
بعض الاجسام فيما بين مجرات المجموعة •

ولو انتقلنا الى نطاق أوسع ، أى نطاق الكون ككل ،  
فسنجد أن اجمالى ما يحتويه من كتلة لا يتجاوز ١٪ من الكتلة  
اللازمة لمنع من التمدد الى مالا نهاية ( أى أن يكون « كونا  
مفتوحا ) • ويرى البعض من العلماء أن القول بأن الكون  
« مغلق » يتناسب أكثر مع المنطق ، ومن هنا فهم يعتقدون  
مرة أخرى أن الهالات غير المرئية فى المجرات تشكل الاضافة  
اللازمة للكتلة •

ولكن اذا كانت الهالات المجرية قد أوجدت حولا لألغاز  
المجرات الدوارة وتماسك مجموعات المجرات وما يبدو من  
سمات توحي بأن الكون مفتوح ، فانها قد أوقعتنا فى لغز  
آخر • فمم تتألف هذه الهالات؟ واذا كانت لها كتلة لا نستطيع  
أن نراها لأنها ليست بنجوم ، فما هى مكوناتها ؟ ( ويطلق  
علماء الفلك على هذه المسألة اسم « غموض الكتلة  
المفقودة » ) •

ومن بين الحلول المطروحة بالطبع أن تكون هذه الهالات  
مكونة من عدد لا حصر له من الكواكب الأولية ، فمثل هذه  
الكواكب لا تتوهج وليس هناك ما تمكسه من ضوء وبالتالي  
فهي غير مرئية بالمرّة ، الا أنه من شأنها أن تبرز بشكل ملموس  
مجالات الجاذبية بالنسبة للمجرات ول مجموعات المجرات ثم  
للكون ككل •

ولو افترضنا أن متوسط كتلة الكوكب الأولى تعادل كتلة المشتري وأن هناك ألفا من مثل هذه الكواكب في الهالة مقابل كل نجم مرئي في المجرة ، فذلك يكفي لأن يضاعف الكتلة الظاهرية للمجرة •

وبإضافة الكواكب الأولية المنتشرة عشوائيا داخل كل مجرة وفي الفضاء المحيط بالمجرات فقد يصل هذا العدد الى مائة ألف من النجوم الأولية مقابل كل نجم مرئي في الكون • وذلك من شأنه أن يفسر تماسك المجرات وأن يجعل الكون مغلقا وأن يزيل الغموض عن مسألة الكتلة المفقودة •

غير أن رقم مائة ألف من الكواكب الأولية مقابل كل نجم مرئي يبدو مبالغا فيه حتى بالنسبة لقاعدة كثرة الضئيل • ولكن لماذا نمزو كل الكتلة المفقودة الى الكواكب الأولية ؟ أليست هناك احتمالات أخرى ؟

لقد علمنا أن المجرات تحتوى على ثقوب سوداء • وقد تصل كتلة كل واحد من هذه الثقوب الى مقدار كتلة نجم ، بل ونجم ضخم ، ومن غير المستبعد أن تبلغ كتلة مجموعة كاملة من النجوم • ورغم هذه الكتلة الضخمة فقد تكون الثقوب السوداء المنعزلة في الفضاء غير مرئية تماما مثل الكواكب الأولية •

ومن ثم فقد تكون الهالات المحيطة بالمجرات مكونة من عدد كبير من الثقوب السوداء مع عدد اقل كثيرا ( وأقرب الى المنطق ) من الكواكب الأولية •

غير أن هذا الاحتمال يبعث لغزا آخر : فعندما تكونت المجرات لابد وأن مجالات جاذبيتها قد عملت على دفع النجوم المرئية بقوة صوب جوفها ، فلماذا لم تعمل أيضا على جذب

الكواكب الأولية والثقوب السوداء بنفس القوة صوب المركز ؟ لماذا يتركز صوب الجوف نوع من الكتل دون الآخر ؟ ثم ان هناك وجه اعتراض أشد على هذا الاحتمال ، فهناك من الاسباب النظرية ما يبعث على الاعتقاد بأن عدد البروتونات والنترونات التى يمكن أن يحتويها الكون ينال مع ما يبدو من كتلته . وعلى ذلك فإذا كان وزن الخون أكبر بكثير مما يبدو ، فلا بد أن الزيادة فى الكتلة تتكون من شيء آخر غير البروتونات والنترونات .

ولما كانت الكواكب الأولية والثقوب السوداء تتكون بشكل شبه كلى من البروتونات والنترونات، وإذا كانت تلك البراهين النظرية صحيحة ، فذلك يعنى أن الكواكب الأولية والثقوب السوداء ليست مسئولة عن الكتلة المفقودة . وينبغى اذن لعلماء الفلك أن يبحثوا عن تفاسير أخرى غير مألوفة مثل النيوتريونات أو جسيمات أخرى غريبة غير التى نعرفها .

ولا يعنى ذلك بالطبع انه لا وجود بالمرّة للكواكب الأولية وإنما يعنى انها ليست موجودة بأعداد كبيرة . ولا يشكل وجود عدد ضئيل نسبيا من مثل هذه الأجسام أى تجاوز للعدد المقبول منطقيا من البروتونات والنترونات . ولا شك أنه كلما قل هذا العدد ازدادت صعوبة رصد هذه الأجسام .

ولكن قد يطرح البعض سؤالاً آخر هو : هل قاعدة كثرة الضئيل تسرى فى جميع الأحوال ؟

والاجابة هى : بالطبع لا . فلو حللنا على سبيل المثال عينة عشوائية من الرجال أو النساء من حيث طول القامة فسنجد أن عدد متوسطى القامة لا يزيد على عدد طوال القامة القصيرة فحسب ، وإنما يزيد أيضا على عدد قصار القامة . ويمكن القول بصفة عامة ان أى توزيع عشوائى يحتوى فى

بدايته على عدد ضئيل ، ثم يتزايد هذا العدد كلما اتجهنا صوب القيمة المتوسطة للسمة المقاسة ، الى أن نصل الى الحد الأقصى ثم يبدأ العدد فى التناقص مرة أخرى •

فهل ينطبق ذلك التوزيع على النجوم ، فيحصل عددها الى حد اقصى عند حجم معين ثم يقل هذا العدد اذا زاد الحجم أو نقص ؟

وللرد على هذا السؤال لا بد من الرجوع الى الكيفية التى تتكون بها النجوم • تبدأ النجوم فى التكون عن طريق تكثف سحابة ضخمة من الغاز والغبار • وكلما زادت كتلة السحابة ، زادت كتلة النجم الذى ستكونه ، أو عدد النجوم التى ستكونها ، أو الاثنان معا • والعكس صحيح ، فمن شأن النجوم بالغة الضالة أن تتكون من سحب ضئيلة نسبيا • غير أنه كلما قل حجم السحابة كان مجال جاذبيتها أضعف ، وقل احتمال التكتف بفعل قوة الجذب الداخلى الذى سيولده هذا النجم •

ويقول بعض علماء الفلك انه اذا كان حجم السحابة ضئيلا لدرجة لا تتيح أن ينجم عن تكثفها كوكب أولى ، فليس من شأن مثل هذا الحجم أن يؤدي الى تكثف السحابة على الاطلاق • ومما يؤكد ذلك أن الكواكب الثانوية مثل المشترى والكويكبات الثانوية مثل الأرض لم تتكون بالتكثف ، وانما لأنها كانت موجودة على هيئة دوامات غازية فى الغلاف الخارجى لسحابة كانت على درجة من الضخامة إتاحت تكون الشمس بطريق التكتف •

ومن هذا المنطلق نستنتج أن وجود ما يسمى بالكواكب الأولية أمر بعيد الاحتمال • وفى هذه الحالة قد تضطر الى

الاكتفاء بالتعريف البسيط الذى يدانا به للتمييز بين النجوم والكواكب وهو أن النجوم تعد أجساما ثقيلة تشع الضوء ، أما الكواكب فهي أجسام ضئيلة لا تشع ضوءا وتدور حول النجوم .

وتبقى نقطة أخيرة قبل أن ننهى هذه المقالة .

ففى حالة النجوم العادية ، مثل الشمس فى مجموعتنا ، تتولد الطاقة التى تسبب توهجها ، نتيجة الاندماج النووى الذى يحدث فى جوفها ويحول الهيدروجين - ١ الى هليوم - ٤ .

ولكى يحدث مثل هذا التفاعل لابد أن تكون درجة الحرارة قد بلغت قيمة معينة فى جوف النجم أثناء تكثفه من السحابة الأصلية . ولقد أظهرت الحسابات أن درجة الحرارة لن تصل الى هذه القيمة لو قلت كتلة النجم المتكثف عن  $85 \times 10^{-3}$  مثل كتلة الشمس ( أى حوالى  $\frac{1}{4}$  من كتلتها ) .

ومع ذلك ، فلو بدأ نجم فى التكتف بينما تقل كتلته عن  $\frac{1}{4}$  من كتلة الشمس فقد تصل الحرارة فى جوفه الى درجة تكفى لاندماج الهيدروجين - ٢ ( الديوتيريوم ) وتحوله الى هليوم - ٣ ( فالديوتيريوم هو أسهل أنواع الذرات المستقرة من حيث استعداده للاندماج النووى ) .

غير أن الديوتيريوم يقل كثيرا فى درجة شيعه عن الهيدروجين - ١ ، ولذلك فهو يستهلك بمعدل أسرع كوقود لعملية الاندماج النووى . ومن ثم فمن شأن النجوم التى تعتمد على اندماج الديوتيريم ألا تسطع الا لبضعة ملايين السنين ، بينما تظلل النجوم التى تعتمد على اندماج الهيدروجين تسطع لبلايين السنين .

وقد يصل النجم الى حد من الضالة لا يتيح أى اندماج نووى على الإطلاق . ومع ذلك فقد تؤدى الطاقة الحركية الناجمة عن انقباضه الى تولد قدر من الحرارة يكفى لتوهجه ،

وان كان هذا التوهج لن يستمر الا لفترة أقل حتى من عمر  
النجوم الديوتيريومية \*

وقد يستبعد البعض مثل هذه النجوم الضئيلة ، التي  
لا تعتمد فى توليد ضوئها على الاندماج الهيدروجينى ، مع  
فئة النجوم الحقيقية ، وربما كان أحرى أن يطلق عليها  
اسم « النجيمات » \*

ومن شأن هذه النجيمات ، ان وجدت ، أن تكون مرئية  
وقريبة بشكل ما من الأرض \* ولما كانت كتلة النجوم مثل  
« ف ب ١٠ » و « ل ه س ٢٩٢٤ » ( وأى نجوم مماثلة لهما )  
تقل قليلا فيما يبدو عن  $\frac{1}{4}$  من كتلة الشمس ، فقد تكون  
من النجيمات \*

## الفصل السادس عشر

### النجوم العالقة

يجتمع أعضاء « نادى الضيافة الهولندي » ، وأنا عضو فيه ، أسبوعيا لتناول الغداء والترويح . وفيما عدا أشهر الصيف ، يضاف الى البرنامج شيء من المتعة والتثقيف فى صورة محاضرة لطيفة مفيدة ، لا سيما وأن كل المشتركين فى النادى من العاملين فى مجال الاتصالات وأنا مشترك فيه بصفتى كاتباً .

وتلقت ذات مرة مكالمة عاجلة ليلة الاجتماع يرجونى فيها انقاذ الموقف بعد اعتذار المحاضر الأصل .

فتساءلت هل يمكننى تجهيز شيء فى مثل هذا الوقت القصير ! وواتتنى فكرة ، فلدى قدرة على الغناء وان لم أكن موهوباً ، ولا أخجل مطلقاً من مواجهة الناس ، فوافقت .

وعندما حان وقت الترويح فى اليوم التالى ، وقفت ، وساد الحضور الترقب ، وأعلنت بخفة ظلى المهددة انى سأقضى النشيد الوطنى الأمريكى بمقاطعة الأربعة ، بما فيها المقطع الثالث الذى ألغى رسمياً لما يتطوى عليه من جريمة الاساءة الى أصدقائنا الاعزاء البريطانيين حيث يصفهم بشكل جماعى مستخدماً ذلك التعبير اللطيف : «المرتزقة والمبيد» .

ورغم أن الهولنديين يحبون نشيدنا القومى الا أنى لاحظت على وجه كل منهم علامة الاستنكار والتأفف ، فهم يسمعون فى كل لحظة ولا ينقصهم أن يروحوا عن أنفسهم به ، وعلت الهمهمة وهمسات التبرم .



ولسكنى لم أراجع ولم أتردد ولم أرتبك ، رغم علمى  
بأن الهولنديين لا يعرفون عن النشيد سوى السطر الأول من  
المقطع الأول ، وكثير منهم لا يعلمون حتى وجود ثلاثة مقاطع  
أخرى ولا يعرفون قصة هذا النشيد ! وكان هدفى هو أن  
أخبرهم عنها .

ورويت تلك القصة المثيرة ، وشرحت الهجوم البريطاني  
الثلاثى الذى وقع عام ١٨١٤ وهدد بالقضاء على الولايات  
المتحدة وهى فى مهدها قبل ٣١ سنة فقط من اعتراف  
بريطانيا العظمى بها كدولة مستقلة . وأوضحت لهم كيف أن  
مصير الولايات المتحدة كله كان مرهونا بسقوط قلعة  
ماك هنرى فى ميناء « بالتيمور » ، وكيف أن القصف الليلي  
البريطانى كان سيحدد ما اذا كانت راية النجوم والأشرطة  
( العلم الأمريكى ) ستظل ترفرف أم لا .

وكنت قبل كل مقطع من النشيد أشرح كلماته ومعانيه  
ثم أشدو به بوضوح تام حتى تصل كل كلمة الى آذان  
الحضور . ولم أكن أبالي بالنشاز أحيانا مع الموسيقى  
المصاحبة فأنا أولا وأخيرا لست بمطرب محترف .

وعندما أنهيت المقطع الرابع بقوة المنتصر لاحظت على  
وجوه الحضور ، الذين سخروا فى البداية ، حماسا منقطع  
النظير لم أعده من قبل ، حتى انه بدا لى أن هؤلاء المنهكين  
الذين سئموا الانغماس المستمر فى الملذات لن يتوانوا عن  
التوجه الى أقرب مركز للتطوح ليسجلوا أسمائهم لو طلب  
اليهم ذلك .

وعندما استعدت ذلك الموقف فى ذهنى فى وقت لاحق ،  
بدا لى ان ما شعرت به من ثقة فى هذا اليوم انما هو مستمد  
من تلك المقالات التى أكتبها للمجلة . فأنا على استعداد  
للمناقشة أى شئ مع أى قارئ مثقف ، لا شئ الا لأنى أثق  
فى قدرتى على تقديم وجهة نظرى بالأسلوب المقنع .



تحدثنا في الفصل السابق عن النجوم الأصغر حجما  
ولعله من المناسب أن نتناول الآن النجوم الأكبر حجما .

وسوف نبدأ بالشمس ، ذلك النجم الوحيد القريب منا  
بدرجة تتيح رؤيته بالعين المجردة كنقطة مضيئة .

تمد الشمس جسما ضخما بالمقاييس الأرضية ، فمتوسط  
قطر الأرض يبلغ ١٢٧٤٢ كم ، ولو اعتبرنا هذا المقدار  
يساوي ١ فان قطر المشتري ، هذا الكوكب العملاق في  
مجموعتنا الشمسية ، سيعادل ١١١٨ ، أما قطر الشمس  
فسيصل الى ١٠٩٢ ( حيث ان قطر الشمس يعادل ٩٧٧  
مثل قطر المشتري ) .

ولو اعتبرنا أن حجم الأرض ، الذي يدور على تريليون  
كم<sup>٣</sup> ، يساوي ١ فان حجم المشتري يصل الى ١٤٠٠ ، أي لو  
كان المشتري كوكبا أجوف لأمكنه احتواء ١٤٠٠ كرة بحجم  
الأرض لو أزيلت كل الفراغات بينها . أما حجم الشمس  
فيعادل ١٣٠٠٠٠٠ وفقا لهذا الحساب ، ولو كانت الشمس  
جوفاء لأمكن حشوها بـ ٩٠٠ كوكب بحجم المشتري .

ولو تحدثنا عن الكتلة فسنجد أن كتلة الأرض تهازن  
٦ تريليون تريليون كجم ، ولو اعتبرنا هذا المقدار يساوي  
١ فسنجد أن كتلة المشتري تعادل ٣١٧٨٣ بينما تصل كتلة  
الشمس الى ٣٣٢ ٨٦٥ .

ويصل اجمالي كتلة الأجسام التي تدور حول الشمس -  
يما فيها كل الكواكب والأقمار والكويكبات والمذنبات  
والشهب والنيازك - الى ٤.٤٨ ، أي أن كتلة الشمس تعادل  
٧٤٣ مثل مجموع كتلة بقية المجموعة الشمسية . وهذا يعني  
بعبارة أخرى ، أن الشمس تشكل ٩٩.٨٦٦٪ من كتلة  
المجموعة الشمسية .

وبفض النظر عن مقارنة الشمس بالكواكب ، التي  
تبدو كمقارنة عملاق جبار بأقزام متناهية الصالة ، كيف

تبدو الشمس قياسا بالنجوم الأخرى ؟ • هنا قد تختلف الأمور •

وسوف نبدأ المقارنة بالقياس مع أقرب مائة نجم من الأرض • وتمتد هذه النجوم قريبة بدرجة تجعلنا على قدر من اليقين من حيث معرفة تفاصيلها • ولو حاولنا اختيار مائة نجم في منطقة بعيدة نسبيا ، فقد يكون بينها عدد من النجوم الضعيفة بحيث تصعب رؤيتها •

وبدراسة النجوم المائة الأقرب الى الأرض نجد أن ٩٧ منها تقل كثيرا في حجمها عن الشمس • أما النجم « ألفا قنطوري أ » (Alpha Centauri A) ، وهو القرين الأكبر في النجم الثنائي ألفا قنطوري ، فله نفس حجم الشمس تقريبا •

وهناك نجمان فقط من المائة تزيد كتلة كل منهما على كتلة الشمس وهما « الشمري الشامية » (Procyon) الذي تعادل كتلته ١.٧٧ مثل كتلة الشمس و « الشمري اليمانية » وتصل كتلته الى ٢.٣١ مثل كتلة الشمس •

ولو كانت النجوم المائة الأقرب الى الأرض تمثل عينة نمطية لتوزيع النجوم في الكون ( وهو أمر وارد ) ، فهذا يعني أن ٢٪ فقط من النجوم تتجاوز الشمس في ضخامتها •

فهل هذا يعني أن الشمس تعد نجما عملاقا مهولا ؟

والاجابة هي لا ، لأن تناول المسألة بهذه الطريقة ينطوي على مغالطة •

فالأرض على سبيل المثال ، لا يزيد عليها من حيث الحجم سوى خمسة أجرام هي الشمس والمشتري وزحل وأورانوس ونبتون • أما الأجرام التي تقل في حجمها عن الأرض فهي

أربعة كواكب وعشرات من الأقمار ومئات الألوف من الكويكبات السيارة ومئات البلايين من المذنبات وعدده لا حصر له من تريليونات الحطام الفضائي . فهل هذا يعنى أن الأرض جرم ضخم ؟

ان كثرة عدد الأجسام التي تقل في حجمها عن الأرض لا يعنى أكثر من مجرد مثل لـ « قاعدة كثرة الضئيل » ، التي ناقشناها في الفصل السابق ، بدليل أن مجرد وجود شمس واحدة يكفي لاعتبار الأرض جسما بالغ الضالة .

من هذا المنطلق فإن العبرة ليست بعدد النجوم التي تزيد في حجمها عن الشمس وإنما بنسبة الضخامة التي قد تكون عليها بمض النجوم مقارنة بالشمس .

وليست عملية تقدير كتلة نجم بالأمس اليسر . ولعل أفضل طريقة تتمثل في قياس شدة مجال جاذبيته حيث انها تتناسب طرديا مع الكتلة . ويمكن قياس قوة الجاذبية عن طريق رصد رد فعل أى جسم قريب من النجم .

ففى حالة النجوم الثنائية على سبيل المثال ، هناك نجمان يدوران حول مركز ثقل مشترك . ولو علمنا بعد الثنائى عن الأرض يمكن حساب المسافة بين النجمين ، وباستخدام تلك المسافة مع مدة الدورة الواحدة يمكن استنتاج الكتلة الاجمالية للنجمين ، ثم يمكن بعد ذلك تحديد كتلة كل منهما على حدة عن طريق الأبعاد النسبية لكل من المدارين .

ومن حسن الحظ أن أكثر من نصف النجوم فى السماء موجودة على هيئة ثنائيات . ويعد « الشعرى الشامية » و « الشعرى اليمانية » طرفين فى نجمين ثنائيين ، ولذلك يطلق عليهما الشعرى الشامية أ والشعرى اليمانية لأن كلا منهما يعد أثقل من قرينه فى الثنائى . ويطلق على القزمين فى حالتنا هذه « الشعرى الشامية ب » و « الشعرى اليمانية ب » وهما من المعقومات البيضاء .

وقد ندع مؤقتاً مسألة الكتلة ونقارن بين النجوم من حيث شدة الاشعاع ، ولا نغنى هناكم هي ساطعة في السماء ، لأن درجة البريق لا تعتمد على شدة الاشعاع فحسب ، وإنما ترتفع أيضاً بالمسافة التي تفصل بين النجوم والأرض .

ولقد شرحنا في فصل سابق معنى «شدة الاضاءة المطلقة» وذكرنا أنها درجة البريق عند مسافة قياسية موحدة .

ولو عدنا الى النجوم المائة الأقرب الى الأرض فسنجد أن اثنين منها فقط يتجاوزان الشمس في شدة الاضاءة المطلقة وهما نفس التجمين اللذين يزيدان عليها من حيث الكتلة ، أى الشعري الشامية والشعري اليمانية . وتبلغ نسبة الزيادة في شدة الاضاءة ٨ : ١ و ٢٣ : ١ تبعاً .

والآن هل هذه العلاقة بين كبر الكتلة وزيادة شدة الاضاءة تعنى شيئاً ؟ هناك أسباب عديدة لشدة الاضاءة منها التركيبية الكيميائية ودرجة الغوران في جوف النجم وشدة المجال المغناطيسى ومعدل الدوران وغيرها . وقد تتضافر هذه الخصائص أو بعضها في تحديد شدة اضاءة النجم بحيث قد يختلف الأمر من نجم لأخر .

وفي عام ١٩١٦ بدأ آرثر آدينجتون يبحث تلك المسألة ، واستهل دراسته بالنجوم الضخمة . وبما أن متوسط الكثافة في مثل هذه النجوم ضئيل ، وبالنظر الى ارتفاع درجة الحرارة على أسطحها استنتج آدينجتون انها موجودة كلها على هيئة غازية . ولما كانت الاختبارات العملية على الأرض قد أسفرت عن ارساء « قوانين الغاز » فقد تفيد هذه القوانين في فهم ما يمكن أن يحدث لكم من الغاز يعادل كتلة نجم كبير .

وبتطبيق هذه القوانين وجد آدينجتون أن جزيئات الغاز تتعرض لعامل واحد يبعث على تماسكها وهو قوة الجاذبية ، بينما تتعرض لعاملين يبعثان على تناثرها وهما ضغط الغاز والضغط الاشعاعي .

وتتم الآلية على النحو التالي : تدفع جاذبية النجم جزيئات الغاز الى التكاثف مما يرفع ضغط الغاز ومن ثم درجة حرارته . ومن شأن درجة الحرارة - وفقا لقوانين الغاز - أن تصل في جوف النجم الى ملايين الدرجات . وبارتفاع درجة الحرارة يزداد الكم الاشعاعى - وبالتالي الضغط الاشعاعى - بمعدل كبير للغاية .

وتوصل أدينجتون فى نهاية المطاف الى علاقة تربط بين الكتلة وشدة الاضاءة . فكلما زادت الكتلة ارتفع ضغط الغاز والضغط الاشعاعى اللازمان للحفاظ على توازن حجم النجم . وكلما زاد الضغط الاشعاعى ، كان النجم أكثر برقا . وذلك يعنى أن شدة الاضاءة ترتفع كليا بكتلة النجم .

وفى عام ١٩٢٤ أعلن أدينجتون القانون الذى يربط بين الكتلة وشدة الاضاءة ، وعزز هذا القانون ما بدا فى ذلك الحين من أنه ينطبق على النجوم العادية مثل الشمس ، بل وعلى النجوم المتقدمة . ويستنتج من ذلك أن كل النجوم موجودة على هيئة غازية حتى لو كان متوسط الكثافة فيها - مثل حالة الشمس - يعادل كثافة الماء السائل على الأرض وحتى لو كانت الكثافة فى جوف الشمس تزيد كثيرا على ذلك ، حيث تبلغ خمسة أمثال كثافة البلاتين على الأرض . ولكن كان معروفا فى زمن أدينجتون أن كتلة الذرة تتركز فى نواتها ، ذلك الجسم بالغ الضالة الموجود فى مركزها . ومن ثم كان واضحا أن الذرات تتفتت تحت وطأة الضغط فى جوف الشمس وتتحلل النويات وتتحرك فى بحر من الالكترونات المنطلقة عشوائيا .

ومن الوارد أن تقترب النويات من بعضها بدرجة تزيد من الكثافة كثيرا ، غير أن حرية الحركة التى تتسم بها تلك النويات تكفل مع ذلك احتفاظ هذه « المادة المتحللة » بهيئتها الغازية .

بل أن ذلك ينسحب حتى على المتقزمات البيضاء التي تحللت كل مادتها تقريبا . غير أن تلك القاعدة لا تنطبق على النجوم النثرية حيث تكون الكثافة فيها قد بلغت حدا يجعل النجم مجرد جسم صلب .

وينطبق قانون أدينجتون بصفة خاصة على النجوم في مرحلة الطور الرئيسي ( أى النجوم المستقرة فى مرحلة الاندماج الهيدروجيني - مثل الشمس ) . ويفيد هذا القانون بأن شدة الاضاءة تتغير بمعدل يساوى ٣.٥ ضعف معدل تغير الكتلة ، أى لو بلغت كتلة نجم ما ضعف كتلة الشمس فسوف تكون شدة اضاءته حوالى ١٢ مثل شدة اضاءة الشمس . ولو كانت الكتلة ٣ أمثال كتلة الشمس فان شدة الاضاءة ستكون زهاء خمسين مثل شدة اضاءة الشمس . وهلم جرا .

ونستنتج من ذلك مباشرة أنه كلما زادت شدة الاضاءة ، لابد أن تزيد كمية الهيدروجين المستهلك فى التفاعل الاندماجي من أجل انتاج هذا الكم الاشعاعي .

وبناء على ذلك ، فلو أن نجما يعادل فى كتلته ٣ أمثال الشمس ، أى أن مخزونه من الوقود يساوى ٣ أمثال مخزون الشمس ، فانه يستهلك هذا الوقود بمعدل يساوى ٥٠ مثل معدل الشمس ، وهذا يعنى أن مخزونه سينفذ فى مدة تعادل  $\frac{1}{50}$  أو تقريبا من مدة نفاد مخزون الشمس .

غير أنه ما أن يستهلك عشر مخزون الهيدروجين حتى يبدأ اندماج الهليوم فى جوف النجم . وعند هذا الحد يتحول النجم من مرحلة الطور الرئيسى ليمهدا مرحلة التمدد فى طريق تحوله الى « عملاق أحمر » . ويتعرض النجم بعد وقت قصير نسبيا مع مرحلة العملاق الأحمر الى الانقباض والتحول الى متقزم أبيض أو نجم نثرونى أو ثقب أسود بحسب كتلته . ومن شأن نجم بمثل كتلة الشمس أن يبقى فى مرحلة الطور الرئيسى لمدة تناهز عشرة بلايين سنة ( أى أن الشمس حاليا

تعد في منتصف عمرها تقريبا ) - اما لو كانت كتلة النجم تعادل ٣ أمثال كتلة الشمس فلن يبقى في مرحلة الطور الرئيسي الا لمدة تربو قليلا على نصف بليون سنة \*

ويعنى ذلك أنه كلما زادت كتلة النجم قل عمره ، والمكس صحيح ، حيث يقدر - وفقا لهذا القانون - أن تبقى النجوم الصغيرة في مرحلة الطور الرئيسي لمدة تصل الى ٢٠٠ بليون سنة او يزيد \* وفي المقابل ، ليس من شأن نجم تصل كتلته الى ٥٠ مثل كتلة الشمس أن ينكث في مرحلة الطور الرئيسي لأكثر من عشرة آلاف سنة ، أى مقدار طرفة عين بالمقياس الفلكي \*

ويفسر ذلك وجود مثل هذا العدد الضئيل من النجوم التى تتجاوز الشمس فى كتلتها \* فالأمر ليس مقصورا على أن الأجسام الكبيرة تتكون بأعداد أقل ، وفقا لقاعدة كثرة الضئيل ، وانما تتعرض هذه الأجسام أيضا لمعدل استهلاك أسرع ، وكلما زادت الكتلة قل عمر النجم فى مرحلة الطور الرئيسي وزاد معدل اقترابه من لحظة الانقباض والتلاشي \*

وتتمثل النتيجة الثانية المستمدة من قانون أدينجتون فى أنه كلما زادت كتلة النجم ، اشتدت قوتا الجذب والطرد بما يقلل احتمال حدوث خلل فى التوازن \* ولو حدث مثل هذا الخلل فى نجم ضئيل فسوف يؤدي الى زيادة محدودة فى إحدى القوتين فيتذبذب النجم قليلا ثم يعود الى توازنه \* ( وقد تكون للشمس تذبذباتها ، ولكن رغم ما تتسم به من كتلة كبيرة فلم يحدث أن بلغت هذه التذبذبات حدا عصف بالحياة على الأرض - وإن كان يكفى القليل لتحل مثل هذه الكارثة ) \*

إما لو حدث الخلل فى نجم ثقيل فمن شأنه أن يسفر عن زيادة كبيرة فى القوتين بحيث قد تصل التذبذبة الى حد يؤدي بالنجم الى الانقباض أو الى الانفجار ، وفى كلتا الحالتين



لن يبقى النجم في طوره العادى • وقد حدد أدينجتون مقدار الكتلة التى يمكن أن يصل اليها النجم ويبقى مع ذلك فى نطاق قدر معقول من التوازن ، ويعادل هذا المقدار ٥٠ مثل كتلة الشمس وأطلق عليه « حد أدينجتون » •

وفيما يلى قائمة ببعض النجوم البارزة فى القطاع الذى نراه من المجرة ، والتى تزيد فى شدة اضاءتها عن الشعري الميانية ، وقد حسبنا بالتقريب كتلة كل نجم منها وفقا لقانون أدينجتون :-

اسم النجم	شدة الإضاءة باعتبار شدة اضاءة الشمس	الكتلة
رأس التورم المؤخر (Pollux)	٣٠	٢٦
النسر الواقع (Vega)	٤٨	٣٠
السنبلة (Spica)	٥٧٠	٦١
الفا كروسي (Alpha Crucis)	٩٦٠	٧٠
بيتا قنطورس (Beta Centauri)	١٣٠٠	٩٥
سهيل (Canopus)	٥٢٠٠	١١٥
ذنب الدجاجة (Deneb)	٦٣٠٠	١٢٢
رجل الجوزاء (Rigel)	٢٣٠٠٠	١٧٥

ولكن ماذا عن النجوم الواقعة على مسافات بعيدة ؟  
يقع برج « الدورادو » أو « السمكة الذهبية » (Dorado) فى السماء الجنوبية بحيث لا يراه ساكنو أوروبا وشمالى الولايات المتحدة • وتقع فى هذا البرج « السحابة الماجلانية الكبرى » التى تعد أقرب مجرة لدرب اللبنة • ويوسعنا أن نرصد تفاصيل كثيرة فى هذه المجرة ومنها نجم يسطع أكثر من أى واحد من النجوم القريبة فى مجرتنا • ولا يرى هذا النجم بالعين المجردة ، ولكن السحابة الماجلانية الكبرى

تبعد عن الأرض بمقدار ٥٥ ألف فرسخ • ولأن يبدو ذلك النجم - المعروف باسم « اس • دورادوس » - بهذه الدرجة من البريق على هذا البعد الهائل فلا بد أن تكون شدة اضاءته تعادل ٨٠ ألف مثل شدة اضاءة الشمس ، ولا بد ان تتجاوز كتلته ٤٠ مثل كتلة الشمس ، وتلك قيمة قريبة من حد أدينجتون •

اذن ، ثمة احتمال لوجود نجوم تناهز كتلتها ٥٠ مثل كتلة الشمس • ولما كانت الشمس فى المقابل تزيد فى كتلتها على عشرة أمثال الحد الأدنى المتفق عليه • فهذا يعنى أن الشمس تعد فى أفضل الأحوال نجما متوسط الحجم •

غير أن الحد الأقصى الذى عينه أدينجتون يتسم بلا شك بدرجة كبيرة من التحفظ • ففي عام ١٩٢٢ ، اى قبل عامين فقط من اعلان أدينجتون قانونه بشأن العلاقة بين الكتلة وشدة الاضاءة ، اكتشف عالم فلك كندى يدعى «جون ستانلى بلاسكيت » ( ١٨٦٥ - ١٩٤١ ) أن أحد النجوم التى لا تستلفت الانتباه كثيرا هو نجم ثنائى ضخم • وبدراسه ذلك الثنائى اتضح أن كتلة كل من شقيه تتراوح بين ٦٥ و ٧٥ مثل كتلة الشمس وأن كلا منهما يشع ضوءا يعادل ٢٥ مليون مثل ما تشعه الشمس •

ولو كان هذا الثنائى ، الذى أطلق عليه « ثنائى بلاسكيت » ( بدلا من الاسم الرسمى وهو « ا ش • دى • ٤٧١٢٩ » ) ، فى موقع الشمس لتبخرت الأرض فى غضون فترة قصيرة • ولكى يكون مقدار الاشعاع الوارد اليها من مثل هذا النجم مساويا لمقدار ما يصلنا حاليا من الشمس فلا بد أن يبتعد مدار الأرض لمسافة تناهز فى المتوسط ٥٥ مثل بعد بلوتو (Pluto) عن الشمس ، أى لمسافة ١/٣ من الفرسخ (ويعد بلوتو من أكثر الكواكب السيارة بعدا عن الشمس) • وحتى مع ذلك ، ما كان لحياة أن تبقى على الأرض حيث ان ما يحتويه هذا الضوء من أشعة فوق بنفسجية وأشعة سينية

سيتجاوز كثيراً ما يرد من مثل هذه الأشعة في ضوء الشمس ،  
وقد أدى اكتشاف ثنائي بلاسكيت الى رفع حد أدينجتون  
ليصل الى ٧٠ مثل كتلة الشمس وقد ورد ذلك الحد في  
موسوعة كامبريدج لعلم الفلك « The Cambridge Encyclopedia  
of Astronomy » الصادرة في عام ١٩٧٧ وهو كتاب رائع .

غير ان السبعينات من هذا القرن شهدت مراجعته  
مستميصة لفيزياء النجوم الضخمة في ضوء المعلومات  
المستجدة منذ وقت ادنجتون - واتضح ان الدوامات  
والقوران في داخل النجوم تلعب دورا اكبر كثيرا مما كان  
يعتقد ، وذلك يعني ان النجوم الضخمة تفقد باستمرار  
كميات كبيرة من كتلتها على هيئة رياح نجمية ، وهي ظاهرة  
لم تكن معروفة في وقت ادنجتون .

بيد ان تلك الدوامات وما ينجم عنها من فقدان للكتلة  
لم تخل بصعة قانون ادنجتون ( الذي عززته الدراسات  
المعملية الدقيقة للنجوم ) . ولكنها أدت مع ذلك الى رفع حد  
ادينجتون الى قيمة عالية بدرجة تبعث على الدهشة . وصار  
واضحا ان استقرار هذه الفئة من « النجوم بالغة الثقل »  
وعمرها يتجاوزان كثيرا أية تقديرات سابقة .

وقد أعلن البعض عن رصد مثل هذه النجوم بالغة الثقل  
( أو « النجوم السوبر » على نحو ما يروق لى آن أسميها ) ،  
التي تربو في كتلتها على مائة مثل كتلة الشمس ، غير ان  
مثل هذه الاكتشافات قوبلت بالتشكك بالنظر الى القيمة  
الأصلية المنخفضة لحد ادنجتون . ولكن ما أن تم تعديل  
النظرية بما يجيز فكرة وجود النجوم العملاقة حتى بلغت  
نسبة النجوم المكتشفة ، التي تزيد كتلتها عن مائة مثل  
كتلة الشمس ، ٢ في المليون . وهذا يعني أن هناك  
ما يتراوح بين ١٠٠ و ١٥٠ من هذه النجوم العملاقة في  
مجرتنا وحدها .

وقد تم اكتشاف عدد من النجوم التي تتسم بدرجة ضخامة فريدة ، منها النجم « ايتا كارينا » (Eta Carinae) الذي أشرنا اليه في مقالة سابقة بعنوان : « مستعد وفي الانتظار » ، ونشرت في مجلة « الطريق الى اللانهاية » عام ١٩٧٩ ، وذكرت انه على درجة غير عادية من عدم الاستقرار مما يجعلنا نتكهن بأنه سيكون السوبرنوفال القادم . ولم اكن في ذلك الوقت قد التقطت فكرة النجوم العملاقة (فان الوقوف دائما على كل ما يأتي به العلم من جديد أمر بالغ الصعوبة) . غير أننا نعتقد الآن أن التميز الذي يتسم به ايتا كارينا يرجع الى حجمه العملاق أكثر من كونه السوبر نوفال المنتظر .

وكان معروفًا قبل عام ١٩٧٠ أن ايتا كارينا قد يكون مجرد واحد من النجوم العملاقة ، أما الآن فيقدر عدد من علماء الفلك أنه قد يزيد في كتلته على ٢٠٠ مثل كتلة الشمس . ويعني ذلك أن ما يشعه من ضوء قد يتجاوز خمسة بلايين مثل ما تشعه الشمس ، أي ١٠٥ مثل ما يشعه « أس » دورادوس ، وحوالي مجموع ما يشعه « ثنائي بلاسيكيت » .

وكنيت قد اعتبرت في مقال سالف الذكر ان ما يفقده ايتا كارينا من كتلة يعد بمثابة علامة على أن النجم يمر بمرحلة ما قبل السوبر نوفال . ولكن اتضح أن كل النجوم العملاقة تفقد دائما مقدارًا من كتلتها على هيئة رياح نجمية وذلك من شأنه أن يكفل لها قدرًا نسبيًا من الاستقرار . وكنيت قد اعتبرت أيضا في هذه المقالة أن احتواء الرياح النجمية لايتا كارينا على النيتروجين والأكسجين يعد علامة على مرحلة ما قبل النوفال ، ولكن ، بناء على ما تقدم ، فقد يعني ذلك مجرد تبرز النجم لفوران داخلي عنيف ، وذلك من شأنه مرة أخرى أن يبقيه في حالة استقرار .

وتقدر الكتلة التي يفقدها النجم ايتا كارينا سنويا بمقدار  $\frac{1}{10}$  من كتلة الشمس ، أي لو استمر تناقص الكتلة

بهذا المعدل لتلاشي هذا النجم تماما فى غضون ٢٠ ألف سنة .  
 لكن ذلك لن يحدث بالطبع ، لأنه كلما قلت كتلة ايتا كاريانا  
 انخفض مقدار ما يلفظه من رياح نجمية . وقد تكون النجوم  
 العملاقة تفقد من خلال رياحها النجمية الغلاف الغازى  
 بالهيدروجين الى ان يتمرى الجوف المكون اساسا من الهيليوم .  
 وتسمى النجوم فى هذه الحالة « نجوم وولف - رايت » نسبة  
 الى عالمى الفلك اللذين اكتشفا ذلك .

وثمة نجم ثان فى مجرتنا يمتقد أنه أيضا من النجوم  
 العملاقة وهو « بى سيجنى » (P Cygni) وهو يشبه ايتا كاريانا  
 الى حد بعيد ولكنه أقل حجما ، حيث تقدر كتلته بنصف كتلة  
 ايتا كاريانا ، أى زهاء مائة مثل كتلة الشمس . وتعادل شدة  
 اضاعته ثلث شدة اضاعة ايتا كاريانا ، أو ١٥٠ مليون مثل  
 شدة اضاعة الشمس و ٣ أمثال شدة اضاعة « ان -  
 دورادوم » .

وقد نتساءل ما هو أكثر النجوم العملاقة اشعاعا للضوء ؟  
 وللرد على هذا السؤال ينبغى أن نرجع الى السحابة الماخلائية  
 الكبرى .

تحتوى السحابة على سديم من الغاز يشبه سديم الجوزاء  
 الضخم فى مجرتنا وان كان يبدو أكبر منه كثيرا ، حيث  
 يغطى مساحة تقدر بـ ٣٠٠٠ فرسخ × ١٠٠٠ فرسخ ، وهو  
 أسطح جسم فى السحابة الماخلائية الكبرى ، لدرجة أنه يمكن  
 رؤيته بالعين المجردة . وهو يزيد فى ضخامته على أى سديم  
 فى مجرتنا ، بل وعلى أى سديم فى أية مجرة قريبة بقدر  
 يتيح رؤية تفاصيلها . ويسمى هذا السديم بـ «سديم العنكبوت»  
 (Tarantula nebula) حيث انه يبدو فى نظر البعض على هيئة  
 عنكبوت .

ويشتمل ذلك السديم فيما يبدو على عدد من نجوم  
 وولف - رايت التى قد يرجع أصلها الى مجموعة من النجوم  
 العملاقة . وقد يكون السديم نفسه ناتجا ، فى جزء منه على

الأقل ، هن الطبقات الخارجية المفلوطة من هذه النجوم  
العلاقة •

ويعتقد بعض الناس أن كل الضوء المنبعث من سديم  
المنكبوت إنما هو صادر من منطقة مركزية لا يتجاوز قطرها  
١٠ فرسخ وقد تحتوى على عدد من النجوم • غير أن مجموعة  
من علماء الفلك أعلنت فى عام ١٩٨١ عن يقينها بأن هذا  
الموقع يحتوى على نجم عملاق واحد يعد أسطع النجوم المكتشفة  
حتى الآن على مدى التاريخ • ويسمى هذا النجم العملاق  
« آر ١٣٦ أ » (R 136 a) .

وتقدر كتلة ذلك النجم بألفى مثل كتلة الشمس وشدة  
إضاءته بستين مليون مثل شدة إضاءة الشمس ، أى أنه يشع  
من الضوء ما يعادل ٤٠ مثل ما يشعه « ايتا كارينا » • وتقدر  
درجة الحرارة على سطحه بحوالى ٦٠ ألف درجة كلفن •

ويعنى كل ذلك أننا اكتشفنا وجود فئة فريدة من النجوم  
لم نكن نعلم بها ، وكنا نعددها منذ ١٥ عاما فقط أمرا  
مستحيلا • ويمكننا الآن دراسة مثل هذه النجوم بالتفصيل  
وأن نستنتج الكثير من علم الفيزياء الفلكية الذى قد  
يساعدنا فيها بعد على فهم المزيد من أسرار النجوم المادية •

[ ملحوظة : لم تؤكد بعضى بضعة أساييع على ظهور هذه  
المقالة لأول مرة حتى ظهرت دراسات فلكية جديدة تقلل بشدة  
من احتمال وجود النجوم العملاقة ، لا سيما فى سديم  
المنكبوت • شىء مؤسف للغاية ] •

## الفصل السابع عشر

### العلم وآفاق المستقبل

تلقيت منذ بضعة أيام اخطارا من مصلحة الضرائب •  
وتتصف مثل هذه الاخطارات دائما بسمتين لصيقتين : فهي  
أولا تبعث الرعب في نفوس العملاء ( حيث يتساءل المرء ماذا  
هم يريدون ؟ وما الخطأ الذي ارتكبته ؟ ) ثم انها تكون  
دائما مكتوبة بخط لا يقرأ ويستحيل أن يفهم المرء ما هو  
مطلوب •

وقد فهمت بعد قراءة الاخطار عشرات المرات أن الأمر  
يتعلق بخطأ في قيمة الضريبة عن عام ١٩٧٩ وأننى سددت  
المبلغ منقوصا بمقدار ٣٠٠ دولار ، ولذا فأنا مطالب بسداد  
هذا المبلغ علاوة على ١٢٢ دولارا قيمة الفوائد ، أى  
ما مجموعه ٤٢٢ دولارا ، ويحمل الاخطار بعد ذلك كلاما  
كثيرا حاولت أن أحل طلاسمه فبدأت أنهم يتوعدوننى بالويل  
والثبور لمدة عشرين عاما إذا لم أسدد المبلغ المطلوب فى خلال  
خمس دقائق •

فاتصلت بالمحاسب الذى يتولى شئونى المالية ، وتلقى  
مكالمتى كالمتاد ببرود شديد وقال لى : « أرسل لى الاخطار  
لأرى ما به » •

فقلت وقد تملكنى الغيظ : « أعتقد انه من الأفضل أن  
أدفع أولا » •

فأجاب بنفس البرود : « كما تشاء ، ما دمت قادرا على  
ذلك » •

فحررت شيكا بالمبلغ ووضعت في مظروف وأرسلته  
بالبريد العاجل لأنقذ نفسي من الوعيد ، ثم ذهبت الى المحاسب  
الذي تناول عدسته الخاصة ليدرس تلك الكتاية المنتمية ، ثم  
رفع رأسه أخيرا وقال لي : « انهم مدينون لك ببعض المال » .

فقلت : « لماذا اذن يحملوننى قيمة الفوائد ؟ » .

قال : « وهذه الفوائد أيضا هم مدينون لك بها » .

قلت : « ولماذا يتوعدوننى ان لم أدفع » .

فقال : « انت تعرف ان جباية الضرائب عمل بغيض ،  
فلا تلوهم ان هم حاولوا يث شيء من الفكاهة غير الضارة  
فيه » .

فقلت : « ولكننى دفعت ! » .

قال : « لا تشغل بالك .. سوف أرسل خطابا أشرح  
لهم فيه أنهم روعوا مواطننا شريفا ، وسوف يردون لك ٨٤٤  
دولارا قيمة المبلغ المدينون لك به فضلا عما أرسلته لهم دون  
داع ) . ثم أضيف قائلا : « لكن لا داعى لأن تحبس أنفاسك  
انتظارا للرد » .

فقلت له : « ان من يتعامل مع التناشرين معتاد على  
ألا يحبس أنفاسه مطلقا انتظارا للسداد » ( والواقع ان  
مصلحة الضرائب أعادت الى الشيك فى غضون عشرة أيام  
بأقل من انه ليس من حقهم ) ؟

والآن وبعد أن استعدت ثقتى فى نفسى كشخص بعييد  
النظر نافذ البصيرة ، فلنعمل هذه البصيرة فى مرمى البصر .

★★★

لما اخترقنا حاجز الزمن وحلقنا فى آفاق المستقبل ، الى  
أبعد ما يمكن أن نتصور ، فماذا نتوقع أن يحدث للأرض ؟



وقد نفترض في بداية مرحلة الخيال أن الأرض مؤنودة وحدها في الكون ولكن بنفس عمرها ونفس تكوينها وبنيتها .

ومادامت الأرض وحدها في الكون فيدهي أنه لن تكون هناك شمس تضيء وتبعث الحرارة وبالتالي سيكون سطحها مظلماً ودرجة حرارتها تقترب من الصفر ، ومن ثم لن تكون هناك حياة .

ومع ذلك سيكون جوفها ساخناً بسبب الطاقة الحركية الناجمة عن الجسيمات الضئيلة التي اندمجت لتكون الأرض منذ ٦ أرء بليون سنة . وسوف تتسرب الحرارة بمعدل بطيء للخارج من خلال طبقات الصخور العازلة المكونة لقشرة الأرض ، غير أن تلك الحرارة المفقودة ستتجدد باستمرار نتيجة انشطار المواد المشعة الموجودة في الأرض ، مثل اليورانيوم ٢٣٨ واليورانيوم ٢٣٥ والثوريوم ٢٣٢ والپوتاسيوم ٤٠ وهلم جرا . ( ويعد اليورانيوم ٢٣٨ أم هذه العناصر في هذا المجال حيث أنه يوفر ٩٠٪ من مجموع الحرارة التي تولدها هذه العناصر ) .

وبهذه المواصفات - أي سطح بارد وجوف ساخن - نتوقع أن تعيش الأرض طويلاً . غير أن اليورانيوم ٢٣٨ يتناقص بمعدل بطيء ، ويقال علمياً أن نصف عمره يبلغ ٥ أرء بليون سنة . ولما كان عمر الأرض حالياً ٦ أرء بليون سنة ، فهذا يعني أن نصف المخزون الأصلي قد انتهى بالفعل ، وأن نصف المقدار المتبقى سوف ينتهي خلال ال ٥ أرء بليون سنة القادمة لتبدأ دورة جديدة وهلم جرا . ولن يبقى بعد ٣٠ بليون سنة من الآن سوى ١٪ من الكمية الموجودة حالياً من اليورانيوم ٢٣٨ .

ونتوقع إذن في هذه الحالة أن الحرارة الجوفية للأرض ستتسرب بمعدل متباطئ مع تضائل كمية المواد المشعة

وستظل درجة الحرارة تنخفض بمعدل أبطأ وأبطأ لزمن لا نهائى وستقترب من الصفر ولكنها لن تبلغه مطلقا .

ولكن الأرض ليست موجودة وحدها ، ولو نظرنا فى مجموعتنا الشمسية وحدها فسنجد عددا لا يحصى من الأجسام التى تتراوح فى حجمها من المشتري الضخم الى جسيمات الغبار الضئيلة ، بل الى ما هو دون ذلك من ذرات منفردة وحتى من الجسيمات دون الذرية . وقد تكون هناك توليفات مماثلة من مثل تلك الأجسام غير المضيئة تدور حول نجوم أخرى ، ناهيك عن تلك الأجسام التى تجوب الفراغ الفضائى فيما بين النجوم فى مجرتنا . وقد نفترض ، فى مرحلة ثانية من التفكير ، ان المجرة كلها مقصورة على مثل هذه الأجسام غير المضيئة ، فماذا سيكون مصيرها ؟

لا شك أنه كلما كان الجسم اكبر حجما . كانت درجة حرارته الداخلية أعلى ، وكان مقدار الحرارة الكامنة فى جوفه نتيجة عملية التكون اكبر ، ومن ثم فهو يحتاج وقتا أطول ليبرد . وفى تقديرى ان جسما كالمشتري ، الذى يزيد فى كتلته على ٣٠٠ مثل كتلة الأرض ، سيحتاج على الأقل الى ألف مثل الزمن الذى تحتاجه الأرض ليبرد مثلها - أى حوالى ٣٠ ألف مليون سنة .

ولا شك أن هذا الزمن الطويل الممتد سيشهد أحداثا قد تؤدى الى الاخلال بعملية التبريد ، ومنها احتمال وقوع تصادمات بين الأجسام . صحيح ان مثل هذه التصادمات لن تكون شائعة فى الزمن الذى نتحدث عنه ، ولكن على مدى ٣٠ ألف مليون سنة لا شك أنه سيقع العديد والعديد منها . وقد تؤدى بعض هذه التصادمات الى التفتت الى أجسام أقل حجما ، ولكن اذا اصطدم جسم ضئيل بأخر أكبر حجما بكثير فمن شأنه أن يلتصق به ويبقى معه . ومن هذا المنطلق ، تتعرض الأرض يوميا لأن تصطدم بها تريليونات من

الجسيمات الضئيلة ، ونتيجة لذلك تزداد كتلتها بمعدل بطيء ولكنه منتظم .

وبتميم تلك الظاهرة نجد أن الأجسام الضخمة تنمو ، نتيجة هذه التصادمات ، على حساب الأجسام الضئيلة ، بحيث يقل مع مرور الزمن عدد الأجسام الضئيلة بينما تزداد الاجسام الضخمة ضخامة .

ويمسحب أية زيادة فى كتلة الأجسام الكبيرة نتيجة التصادم ، ارتفاع فى الطاقة الحركية . وتتحول هذه الطاقة المضافة الى حرارة ، مما يؤدى الى انخفاض معدل التبريد فى الأجسام الكبيرة ، بل قد تعود درجة الحرارة الى الارتفاع بدلا من الانخفاض لو زاد معدل اصطدام الأجسام الضئيلة بتلك الضخمة . أما لو زادت كتلة الجسم على عشرة أمثال كتلة المشتري على الأقل ، فمن الوارد أن يؤدى ارتفاع الحرارة فضلا عن زيادة الضغوط الجوفية نتيجة تزايد الكتلة ، الى اندلاع تفاعلات نووية فى جوف ذلك الجسم ، أى انه سيتعرض « لاشتعال نووى » ومن ثم سيزداد ارتفاع حرارته بما قد يؤدى فى نهاية المطاف الى تسخين السطح لدرجة قد تجعله يشع ضوءا خافتا . أى أن الكوكب سيتحول الى نجم خافت .

قد يصل الحال اذن بمجرتنا ، التى افترضنا أنها مكونة من أجسام غير مضيئة باختلاف أحجامها ، الى تكون بعض البقع التى تشع ضوءا خافتا . ولكن لاجدوى من كل ذلك ، فالمجرة عندما تكونت فى واقع الأمر ، تكثفت على هيئة أجسام ضخمة بدرجة أتاحت حدوث الاشتعال النووى من البداية . وهى تحتوى على حوالى ٣٠٠ بليون نجم ، يسطع كثير منها بدرجة متوسطة بينما يشع قليل منها قدرا من الضوء يتجاوز آلاف مثل ما تشعه الشمس .

ولعلنا نتساءل الآن ماذا سيكون من أمر النجوم ، حيث أن مصيرها سيتجاوز أى شيء ممكن أن يحدث للأجسام الصخرية غير المضيئة التى تدور معظمها حول النجوم .

وإذا كان من شأن الأجسام غير المضيئة أن تبقى لزمن غير محدود دون التعرض لتغيرات كبيرة ( الا فيما يتعلق بعملية التبريد واحتمالات التصادم ) نظرا لما تتسم به بنيتها الذرية من قدرة على مقاومة قوة الجذب الداخلى ، فإن الأمر يختلف بالنسبة للنجوم .

فبما أن النجوم تزيد كثيرا فى كتلتها على الكواكب فهى تتسم بمجالات جاذبية اقوى بكثير وبالتالي تتعرض بنيتها الذرية للضغط تحت تأثير هذه المجالات . ولو كانت الجاذبية هى القوة الوحيدة المؤثرة فى النجم فى مرحلة تكونه لانتقبض وهو فى مهده وأصبح فى حجم الكواكب . غير أن درجات الحرارة والضغط البالغة المتولدة فى جوف مثل هذه الأجسام الضخمة تسفر عن اندلاع اشتعال نووى ، مما يولد قدرا من الحرارة يكفى للبقاء على حجم النجوم المتمدده رغم قوة الجاذبية الهائلة .

غير أن عملية الاندماج النووى التى تولد هذه الحرارة تحول الهيدروجين الى هليوم ثم الى ذرات أكثر تعقيدا . ولما كان كل نجم يحتوى على كمية محددة من الهيدروجين ف عاجلا أو آجلا سيتناقص هذا الوقود النووى ، ومن ثم سيقبل معدل توليد الحرارة اللازمة لمقاومة قوة الجذب الداخلى وللبقاء بالتالى على النجم متممدا .

وفى حالة النجوم التى لا تزيد فى كتلتها عن الشمس ، فإنها تتعرض بعد استهلاك قدر كاف من وقودها للانقباض تحت تأثير جاذبيتها وتتحول الى « متقزمات بيضاء » بحجم الأرض أو أقل ( مع الاحتفاظ بكل كتلتها تقريبا ) . وتكون المتقزمات البيضاء من حطام الذرات ، غير أن الالكترونات

تواصل تحركها بحرية حيث تقاوم الضغط بفضل تنافرها  
نتيجة تماثل شحناتها الكهربائية . وبناء على ذلك ، فمن شأن  
المتقزمات البيضاء أن تبقى على حالها لأجل غير محدود ما لم  
تتعرض لأية ظروف خارجية .

وفي حالة النجوم التي تتجاوز الشمس في كتلتها ، فهي  
تتعرض لتفيرات أعنف ، وكلما زادت كتلتها اشتد عنف  
الأحداث . فلو زادت الكتلة عن قيمة معينة فإن النجم  
يتعرض لانفجار مروع يطلق عليه « سوبرنوبا » . ومن  
شأن مثل هذا الانفجار أن يشع في فترة وجيزة قدرا من  
الطاقة يعادل مائة بليون مثل ما تشعه النجوم العادية .  
ويبلغ من شدة الانفجار أنه يعصف بجزء من كتلة النجم إلى  
الفضاء . أما الجزء المتبقى فإنه ينقبض ويتحول إلى « نجم  
نتروني » . ولكي يتكون النجم النتروني لابد أن تكون  
قوة الانقباض شديدة لدرجة تتجاوز قوى تنافر الالكترونات  
وتدفع هذه الجسيمات إلى الاتحاد مع النوايا فتتبادل  
الشحنات الكهربائية وتتكون النترونات المتلاصقة .

وتتسم النترونات بأنها متناهية الضالة لدرجة أن  
الشمس لو تحولت بأكملها إلى نترونات لتقلص حجمها إلى  
كرة لا يزيد قطرها على ١٤ كم . ومن شأن النترونات أن  
تقاوم الانسطار ، وهذا يعني أن النجوم النترونية ستبقى  
على حالها إلى أجل غير محدود لو لم تتعرض لظروف خارجية .

أما النجوم ذات الكتلة الفريدة في ضخامتها فإنها  
ستتعرض لانقباض يبلغ من شدته أن يتجاوز مرحلة النجوم  
النترونية ، حيث تتجه الكثافة إلى مالا نهاية ويتجه الحجم إلى  
التلاشي تماما ليتكون ما يسمى بـ « الثقوب السوداء » .

ويختلف الزمن الذي يستغرقه النجم في استهلاك وقوده  
إلى أن ينقبض - وفقا لكثلة النجم - فكلما كانت الكتلة أكبر  
كان معدل استهلاك الوقود أسرع . ومن شأن النجوم العملاقة  
أن تبقى بحجمها المتمددة لمدة مليون سنة فقط أو أقل ، قبل

أن تنقبض . أما النجوم التي تماثل الشمس في كتلتها فهي تستمر في هيئتها المتضخمة لمدة تتراوح بين ١٠ و ١٢ بليون سنة قبل الانقباض ، بينما قد يمتد هذا العمر الى ٢٠٠ بليون سنة بالنسبة للمتقزمات الحمراء الضئيلة قبل أن تبلغ النهاية المحتومة .

ولقد تكونت معظم النجوم في مجرتنا مبكرا بعد الانفجار العظيم (Big Bang) الذي وقع منذ ١٥ بليون سنة ، غير أن الكون شهد بشكل منتظم منذ ذلك الحين نشأة نجوم جديدة ( ومن بينها الشمس ) ، وما زالت هناك نجوم في طور التكوين وسيستمر الوضع لبلايين السنين في المستقبل . لكن عدد النجوم الجديدة التي ستتكون مع سحب الغبار سيكون محدودا ، اذ لم تعد تلك السحب تشكل سوى ١٠٪ من اجمالي كتلة المجرة ، أي أن ٩٠٪ من النجوم قد تكونت بالفعل .

وسوف تمر النجوم الجديدة بنفس الأطوار ، وسوف تنقبض ذات يوم . ورغم ما تلفظه النجوم السوبر نوفا العارضة من غبار في الفراغ الفضائي فسوف يأتى مع ذلك اليوم الذي لا تتكون فيه نجوم جديدة . وسوف تتجمع كتلة المجرة كلها في النجوم المنقبضة على هيئة متقزمات بيضاء أو نجوم نترونية أو ثقوب سوداء . وسوف تكون هناك بعض الأجسام غير المضيئة من الكواكب وما دون الكواكب منتشرة هنا وهناك .

وتتسم الثقوب السوداء بأنها غير مضيئة كالكواكب ، أما المتقزمات البيضاء والنجوم النترونية فهي تصدر اشعاعات من بينها ما يتسم بأطوال موجات الضوء المرئي . وقد تزيد كثافة هذه الاشعاعات بالنسبة لوحدة المساحة عما ينبعث من النجوم العادية ، ولكن بالنظر الى ضآلة أسطح المتقزمات البيضاء والنجوم النترونية بالمقارنة مع النجوم العادية فإن اجمالي ما تشعه من ضوء لا يشكل قدرا ملموسا ،

وهذا يعني أن المجرة ستكون شبه مظلمة . وبعد حوالي مائة بليون سنة ( أى ستة أو سبعة أمثال عمر الكون ) لن يكون هناك سوى بعض الوميض الضعيف الذى يبدد نوعا ما البرودة والظلام المخيمين على كل مكان في المجرة .

وحتى هذا الوميض سيتضاءل بمرور الوقت ويتلاشى ، وسيضعف ضوء المتقزومات البيضاء وتتحول تدريجيا الى متقزومات ممتدة ، كما أن التجمعات النجمية ستفقد شيئا فشيئا سرعة دورانها وبالتالي ستضعف نبضاتها الاشعاعية .

غير أن هذه الأجسام لن تبقى بدون تأثيرات خارجية ، فسوف تظل النجوم المنقبضة التى سيصل عددها الى ٢٠٠ أو ٣٠٠ بليون ، تشكل المجرة الحلزونية وتستمر في الدوران المهيّب حول مركزها .

ولابد مع مرور بلايين السنين أن تقع تصادمات ، فمن الوارد أن يصطدم بالنجوم المنقبضة ، جسيمات من الفبار أو الحمى . وقد تصادف بعض الكتل الكبيرة ، بل قد تصطدم مع نجوم منقبضة أخرى ( مما يسفر عن تولد كمية من الاشعاعات تمتد كبيرة في تقديراتنا ، ولكنها لا تشكل شيئا يذكر في مواجهة الظلام المخيم على المجرة ) . وهذا يعنى بصفة عامة أن تلك التصادمات ستجعل الأجسام الأكثر كتلة تزداد ضخامة على حساب الأجسام الأصغر حجما .

وقد يكتسب المتقزم الأبيض قدرا اضافيا من الكتلة بما يجعل كتلته تتجاوز حدا ممينا فينفجر مرة أخرى بشكل فجائى ويتقلص الى نجم نثرونى . كذلك قد يصل الأمر بنجم نثرونى الى التحول بنفس الطريقة الى ثقب اسود . أما الثقوب السوداء فلن تتعرض لمزيد من الانقباض ولكنها ستزداد كتلة .

وربما وصل الأمر بالمجرة بعدد بليون بليون سنة  
( ١٠ ١٨ سنة ) الى أن تصبح كلها مكونة من ثقب سوداء  
مختلفة الأحجام ، فضلا عن عدد قليل متناثر من الأجسام  
التي تتراوح في حجمها بين النجوم النوترونية وذرات الفبار  
ولا تشكل نسبة تذكر من اجمالي المجرة .

وعلى الأرجح سيكون أضخم ثقب أسود هو ذلك الذي  
تكون أصلا في مركز المجرة حيث يتركز دائما أكبر قدر من  
الكتلة . ولا شك أن علماء الفلك يمتقدون أن هناك بالفعل  
ثقبا أسود ضخما في مركز المجرة ويقدررون كتلته بنحو  
مليون مثل كتلة الشمس وهو ماض في نموه بشكل منتظم .

ومن المتوقع في هذا المستقبل البعيد أن تدور الثقوب  
السوداء المكونة للمجرة حول هذا الثقب الأسود المركزى في  
مدارات تختلف في أقطارها واستدارتها ، وبالتالي من  
الوارد بين الحين والحين أن يقترب ثقبان أسودان من بعضهما  
لدرجة تتيح انتقال قدر من كمية التحرك الزاوى بحيث  
يكتسب واحد منهما قدرا من الطاقة فيبتمد عن مركز  
المجرة ، بينما يفقد الآخر كمية من الطاقة فيقترب ليبتلعه  
الثقب الاسود المركزى .

وشيئا فشيئا سيبتلع الثقب الاسود المركزى كل الثقوب  
الأسود المجرى . يفيد أحد التقديرات بأنه سيمادل في  
بليون بليون سنة ( ٢٧١٠ سنة ) على «ثقب أسود مجرى»  
يحيط به عدد متناثر من الثقوب السوداء الأقل حجما ، والتي  
تبعد بقدر كاف يكفل لها الافلات بشكل ما من تأثير الجاذبية  
المركزية .

وقد يتساءل المرء عن الحجم المتوقع لمثل هذا الثقب  
الأسود المجرى . ويفيد أحد التقديرات بأنه سيمادل في  
كتلته بليون مثل كتلة الشمس ، أى سيشكل زهاء ١٪ من



اجمالي كتلة المجرة • أما الـ ٩٩٪ المتبقية فستكون موزعة كلها تقريبا على الثقوب السوداء الأقل حجما •

ولكنني لا أشعر يارتياح ازاء هذا التقدير ، وليس موسمى أن أقدم أى دليل ولكن لدى احساسا داخليا بأن الثقب الاسود المجرى لابد أن يزيد كثيرا على تلك النسبة ، لابد أن يصل مثلا الى مائة بليون مثل كتلة الشمس ، أى الى نصف كتلة المجرة ، أما النصف الآخر فتشترك فيه سائر الثقوب السوداء المعزولة •

غير أن مجرتنا ليست معزولة ، فهي طرف فى مجموعة مكونة من نحو ٢٤ مجرة يطلق عليها اسم «المجموعة المحلية» • وتتنسم معظم مجرات المجموعة المحلية بأنها تقبل كثيرا فى حجمها عن مجرتنا ، ولكن هناك واحدة على الأقل أكبر من مجرتنا وهى مجرة أندروميديا •

ولا شك أن المجرات الأخرى ستعرض لنفس الأطوار التى مرت بها مجرتنا بحيث ان المجموعة المحلية ستكون بعد ١٠ ٨٧ سنة مكونة من حوالى ٢٤ ثقباً أسود مجرى أكبرها أندروميديا يليه درب اللبانة •

وسوف تدور كل هذه الثقوب السوداء المجرية حول مركز ثقل المجموعة المحلية ، وسوف يتكرر فى المجموعة المحلية ما سيحدث فى المجرات ولكن على نطاق أكبر ، بحيث يتكون فى النهاية « ثقب أسود سوبر مجرى » قد تصل كتلته ( فى تقديري ) الى ٥٠٠ بليون مثل كتلة الشمس ، أى ضعف كتلة مجرتنا ، علاوة على عدد من الثقوب السوداء المجرية الضئيلة نسبيا والتى تدور فى مدارات بالغة الابعاد حول الثقب السوبر مجرى ، والكل يتحرك بجلال فى الفضاء • هذا ما سيكون عليه الحال بعد ٢٧١٠ سنة •

ومرة أخرى ليست المجموعة المحلية هى الأخرى وحدها فى الكون ، فهناك مجموعات أخرى قد يصل عددها الى

يليون، وبعضها على درجة من الضخامة بحيث يحتوى على ألف مجرة أو يزيد .

وبما أن الكون مستمر فى تمدده ، فإن مجموعات المجرات تبتعد عن بعضها بسرعات كبيرة . وبمضى ٢٧١٠ سنة سيصبح الكون مؤلفا من ثقب سوداى سوبر مجرىة تبتعد عن بعضها بسرعات أكبر من أن تجعلها تتعرض للاحتمال التداخل فيما بينها .

أما الثقوب السوداء الأقل حجما والتي أفلتت من المجموعات المختلفة . فسوف تستمر مطلقة فى الفراغ الفضائى فيما بين المجموعات ، ومن غير الوارد أن تصادف ثقوبا سوداء عملاقة فى هذا الفضاء المتمدد الفسيح الذى تتحرك فيه .

نخلص من ذلك الى أن الكون بعد ٢٧١٠ سنة لن يتعرض لتغيرات تذكر باستثناء التمدد ( على أساس الافتراض الذى يميل اليه معظم علماء الفلك بأن « الكون مفتوح » ) . ولو كانت تلك هى نهاية المطاف، فلا شك أننا على خطأ . كنا نتحدث حتى الآن عن الثقوب السوداء باعتبارها نهاية المطاف - فكل شئ داخل فيها ولا شئ يخرج منها . ولكن يبدو أن الأمر غير ذلك .

فقد أثبت الفيزيائى الانجليزى ستيفن وليم هوكينج ( ١٩٤٢ - ) ، باستخدام نظريات الميكانيكا الكمية ، أن الثقوب السوداء يمكن أن تتبخر ، فكل ثقب أسود لديه مكافئ للحرارة ، وكلما قلت الكتلة ارتفعت الحرارة وزاد معدل التبخر .

والواقع أن معدل التبخر يتناسب عكسيا مع مكعب الكتلة أى لو أن ثقبا أسود ( أ ) كان ذا كتلة تعادل عشرة أمثال كتلة ثقب أسود آخر ( ب ) فإن ( أ ) سيتبخر على مدى زمن

يزيد على ألف مثل الوقت اللازم لتبخر (ب) . وكلما تبخر الثقب الأسود قل وزنه فيزداد بالتالي معدل التبخر الى أن يصل الى قدر من الضالة بحيث يتبخر الجزء المتبقى بشكل انفجاري .

ولما كانت درجة حرارة الثقوب السوداء العملاقة في حدود واحد على بليون بليون درجة فوق الصفر المطلق ، فإن معدل التبخر بها بطيء لدرجة متناهية بحيث انه حتى بعد ٢٧١٠ سنة لن يكون قد تبخر سوى أقل القليل منها .

ومع ذلك ، فيمرور البلايين تلو البلايين من السنين ستقلص شيئا فشيئا الثقوب السوداء ببطء شديد في البداية ، وكلما قل الحجم ازداد معدل التقلص حتى يصل حجم الثقب الى الحد الذي ينفجر عنده . ويقدر للثقوب السوداء العملاقة أن تنفجر بعد مدة قد تصل الى ١٠<sup>١٠٠</sup> سنة . وحتى ١٠<sup>١٠</sup> سنة .

ومن شأن الثقوب السوداء أن تنتج بتبخرها اشعاعات كهرومغناطيسية ( فوتونات ) وأزواجا من النيوتريونات والنيوتريونات المضادة التي ليس لها أية كتلة ولكن لها قدرا من الطاقة ( وما الطاقة في الواقع الا صورة من الكتلة المتناثرة بكثافة متناهية الضالة ) .

وحتى لو بقيت بعض الجسيمات في الفضاء فلن تكون بالضرورة مستديمة .

وتركز كتلة الكون كلها تقريبا في البروتونات والنترونات . وكان يعتقد حتى وقت قريب أن البروتونات ( التي تشكل زهاء ٩٥٪ من كتلة الكون حاليا ) تتسم باستقرار تام اذا لم تتعرض لتأثير عوامل خارجية .

غير أن النظريات الحديثة أثبتت غير ذلك ، حيث يبدو أن البروتونات تتحلل ببطء متناه الى بوزيترونات وفوتونات

ونيوترينات • ويصل نصف عمر البروتونات الى رقم من قبيل  $10^{31}$  سنة وهي مدة ضخمة ، ولكنها ليست ضخمة بالقدر الكافى ، فحتى يحين الوقت الذى ستكون فيه كل الثقوب السوداء قد تبخرت ، سيكون زهاء ٩٠٪ من البروتونات الموجودة فى الكون قد آن لها قبل ذلك بكثير أن تتحلل • وبمرور  $10^{31}$  سنة سيكون أكثر من ٩٩٪ من البروتونات قد تحللت وربما تكون الثقوب السوداء قد تلاشت بسبب التحلل البروتونى •

ولما كانت النترونات موجودة على هيئة مستقرة مادامت متحدة مع البروتونات، فهي تتحرر عندما تتحلل البروتونات • وما تلبث النترونات أن تتحلل هي الأخرى الى الكترونات وبروتونات • ثم تتحلل بدورها البروتونات الى بوزيترونات وجسيمات لا كتلة لها •

ولن يبقى فى الكون سوى الالكترونات والبوزيترونات بكميات وفيرة ولكنها مع الوقت ستصطدم ببعضها فتتلاشى الشحنات الكهربائية وتتحوّل الى سيل من الفوتونات • ويمرور زمن الـ  $10^{10}$  سنة ستكون كل الثقوب السوداء قد تلاشت بطريقة أو بأخرى ، وسيبقى الكون عبارة عن كرة ضخمة من الفوتونات والنيوترينات والنيوترينات المضادة ، وكل ذلك يتمدد للخارج بلا نهاية • وكلما تمدد الكون قلت الكثافة حتى يقترب من درجة العدم •

وتفيد احدى النظريات بأن ما يسمى بـ « الكون المتضخم » قد بدأ من فراغ تام ، أى من العدم فلا مادة ولا اشعاعات • وتقول نظرية الكم ان مثل هذا الفراغ من شأنه أن ينتج قدرا متساويا أو شبه متساو من المادة والمادة المضادة لو تعرض لذبذبة عشوائية • ويقتضى الوضع الطبيعى بصفة عامة أن تلاشى المادة والمادة المضادة بعضهما فور تكونهما • ولكن قد يحدث مع الوقت أن يتعرض الفراغ

لذبذبة تسفر عن انتاج كمية ضخمة من المادة والمادة المضادة بقدر كاف من عدم التوازن بحيث ينشأ كون جديد من المادة فى بحر من الاشعاعات • ومن شأن مثل هذا الكون أن يتمدد بسرعة تكفى للحيلولة دون التلاشى وبالتالى يتضخم بقدر يتيح تكون المجرات •

أليس من الوارد اذن أن يأتى يوم ، بعد ١٠٠٠٠ عام مثلا يصل فيه كوننا الى درجة من العدم بما يتيح امكان حدوث مثل هذه الذبذبة على نطاق واسع ؟

أليس من الوارد أن ينشأ وسط رماد عالم ضارب فى القدم كون جديد يبدأ من الصفر ويعيد المفارقة الطويلة ؟! وإذا كانت هذه وجهة نظر صحيحة ( وهى وجهة نظر شخصية بحتة ولم يطرحها أى عالم فلك معروف ) فذلك يعنى أن هذا الكون المتمدد بلا نهاية قد لا يكون بالضرورة كوناً واحداً • فقد يكون هناك خارج نطاق كوننا المتمدد رماد أخف لكون أقدم يغلف كوننا ، وخارج نطاق هذا الأخير كون آخر أقدم وأقدم يغلف الاثنين وهلم جرا •

ولكن ماذا لو كنا نعيش فى « كون منلق » ، كون يتسم بدرجة كثافة للمادة تكفى لتوفير ذلك القدر من الجاذبية الذى يكفل ذات يوم وقف التمدد وبداية تقلص الكون ككل ؟

تقول النظريات الفلكية بصفة عامة ان كثافة المادة فى الكون لا تزيد على ١٪ من الحد الأدنى اللازم لأن يكون منلقاً • ولكن ماذا لو كان علماء الفلك على خطأ ؟ ماذا لو كان اجمالى كثافة المادة فى الكون يعادل ضعف الحد الفاصل ؟

فى هذه الحالة سيستمر الكون يتمدد حتى يصل عمره الى ٦٠ بليون سنة حيث سيمصل آنذاك معدل التمدد المتباطىء الى الصفر ، وسيكون قطر الكون وقتها حوالى ٤٠ بليون سنة ضوئية •

ثم يبدأ الكون بعد ذلك مرحلة التقلص بمعدل بطيء ولكنه يزداد سرعة مع الوقت وبعد ٦٠ بليون سنة أخرى سيتمعرض لعملية سحق رهيبية وينتهى به المآل الى التلاشي والتحول الى العدم من حيث بدأ \*

ثم يتكون بعد فترة وجيزة كون آخر من العدم ويتمدد ثم ينقبض وتتكرر الدورة مرات ومرات بلا نهاية ، أو قد تكون الأكوان تتكون تباعا بعضها مفتوح والبعض الآخر مغلق بترتيب عشوائي \*

وسواء هذا أو ذاك فالأمر واحد ، ولو امتدت بصيرتنا بالقدر الكافي فسوف نرى كونا يأتى بعد كون بلا نهاية الى أبد الأبدى - الى أبد ما يمكن أن تصل اليه البصيرة \*

## أقرباً في هذه السلسلة

أحلام الإعلام وقصص أخرى	ي. بتراند رسل
الإلكترونيات والحياة الحديثة	ي. رادونسكايا
نقطة مقابل نقطة	السن هكسلي
الجغرافيا في مائة عام	ت. و. فريمان
الثقافة والمجتمع	رايمونت وليامز
تاريخ العلم والتكنولوجيا ( ٢ ج )	و. ج. فورد
الأرض القامضة	ليسترنيل راي
الرواية الإنجليزية	والتر السن
الرشد إلى فن المسرح	لويس فارجناس
آلهة مصر	فرانسوا دوماين
الإنسان المصري على الشاشة	د. قنري حنفي وآخرون
القاهرة مدينة ألف ليلة وليلة	أولج فولكف
الهوية القومية في السينما العربية	هاشم النحاس
مجموعات النصوص	ديفيد وليام مأكندال
الموسيقى - تعبير نفسي - ومنطق	عزيز للشبوان
عصر الرواية - مقال في النوع الأدبي	د. محسن جاسم الموسوي
ديلان توماس	أشرف س. بي. كوكس
الإنسان ذلك الكائن الفريد	جول ويسبت
الرواية الحديثة	بول لويس
المسرح المصري المعاصر	د. عبد المعطي شعراوي
على حدود طه	أنور المعداوي
القوة النفسية للأهرام	بيل شول وأدبنت
فن الترجمة	د. صفاء خلوصي
تولستوي	والف. ثي. ماتلو
ستندال	فيكتور برومبير

رسائل واحاديث من الملقى	فيكتور هوجو
الجزء والكل ( مصاورات في مضمنا	
الفيزياء الذرية )	فيرنر هيزنبرج
التراث القامض ماركس والماركسيون	مبنى هوا
فن الابد الروائي عند تولستوى	ف . ع . اتيكوف
ادب الاطفال	هادى نعمان الهيتى
احمد حسن الزيات	د . نعمة رحيم العزاوى
اعلام العرب في الكيمياء	د . قاضل احمد الطائى
فكرة المسرح	جلال المشرى
الجميعم	هنرى ياريوس
صنع القرار السياسى	المسيد عليه
التطور الحضارى للانسان	جاكوب برونوفسكى
هل نستطيع تعليم الاخلاق للأطفال	د . روجر ستروجان
تربية النواجن	كاتى ثير
الموتى وعائلهم في مصر القديمة	ا . سينس
التحسل والطب	د . ناعوم بيتروفيتش
سبع معارك فاصلة في العصور الوسطى	جوزيف دامسوس
سياسة الولايات المتحدة الأمريكية ١٨٢٠ - ١٩١٤	د . لينوار تشامبرز رايت
كيف تعيش ٣٦٥ يوما في السنة	د . جون شندلر
المصحافة	بيير البير
اثر الكوميديا الالهية لداقلى في الفن	النكتور غبريال وهبه
التشكيلى	
الادب الروسى قبل الثورة البلشفية	د . رمسيس عوض
ويعدها	د . محمد نعمان جلال
حركة عدم الانحياز في عالم متغير	فرانكلين ل . باومر
الفكر الاوروبى الحديث ( ٤ ج )	
الفن التشكيلى المعاصر في الوطن العربى	شوكت الربيعى
١٨٨٥ - ١٩٨٥	
التلثنة الاسرية والابناء الصغار	د . محيى الدين احمد حسين



تأليف : ج . دادلى اندريو

جوزيف كونراد

د . جوهان دورشدر

مجموعة من العلماء الأمريكيين

د . السيد عليوة

د . مصطفى علساني

صبري الفضيل

د . احمد جموي محمود

جاپرييل بايرد

انطونى دى كرمينى

وكينيث مهنوج

درايت مسوين

زافيلمسكى ف . س

ابراهيم القرضاوى

بيتر رداى

جوزيف دامموس

س . م يورا

د . حاصم محمد رزق

رونالد د . سميمسون

ونورمان د . اندرسون

د . انور عبد الملك

والث روستو

فرد . س . هيس

جوني يوركهارت

الآن كاهنبيار

سامى عبد المعطى

فريد هويل

شانديرا ويكراما مسينج

مختين تلمجى المهندس

روى رويرتسون

دوركاس ماكلينتوك

هاشم النحاس

نظريات الفيلسوف الكبرى

مختارات من الأدب القصصى

الحياة فى الكون كيف نشأت واين توجد؟

حرب الفضاء

ادارة الصراعات الدولية

الميكروكمبيوتر

مختارات من الأدب الياباني

الفكر الاوروبى الحديث ( ٣ ج )

تاريخ ملكية الاراضي فى مصر الحديثة

اعلام الفلسفة السياسية المعاصرة

كتابة السيناريو للسينما

الزمن وقباسبه

اجهزة تكييف الهواء

الخدمة الاجتماعية والانضباط الاجتماعى

سبعة مؤرخين فى العصور الوسطى

التجربة اليونانية

مراكز الصناعة فى مصر الإسلامية

العلم والطلاب والمدارس

لشارع المصرى والفكر

حوار حول التنمية الاقتصادية

تبسيط الكيمياء

العادات والتقاليد المصرية

التنوع السيلمانى

الخطوط السياسية

البذور الكويتية

دراما الشاشة ( ٢ ج )

الهيرويين والابيدز

صور افريقية

تجيب محفوظ على الشاشة

الكبيوتر في مجالات الحياة  
المضطرات حقائق اجتماعية ونفسية  
وظائف الاعضاء من الالف الى الياء  
الهندسة الجورانيّة  
تربية اسماك الزينة  
كتب غيّرت الفكر الانساني ( ٣ ج )  
الفلسفة وقضايا العصر ( ٣ ج )

د. محمود سری طه  
پیتر لوری  
پوریس فیدروفیتش سرجیف  
ویلیام بینز  
نیفید الدرتون  
احمد محمد الشنوانی  
جمعها : جون ر. بورر  
وکیلون جولینچر  
ارنولد توینی  
د. صالح رضا  
د. کچ وآخرون  
جورج جاموف  
د. السید طه ابو سدیرة  
جالیلیو جالیلیه  
اریله موریس ، آلان هو  
سیریل السید  
آرثر کیسٹلر  
د. احمد حمدي محمود  
احمد رضا  
زودریجو فاریتما  
توماس ۱ هاریس  
جمهورية من الیاحثین  
روی ارمز  
ناجای متشیو  
پول هاریسون  
میخائیل البی ، جینس لفولاه  
فیکسور مورجان  
اهداد محمد کمال اسماعیل  
الفریدی الطوسی  
پیترتون بورتر  
محمد فولد ، کورپلی

عن اللقد السينمائي الأمريكي  
ترايم زرادشت

السينما العربية  
دليل لتنظيم المساحف

سقوط المطر وقصص أخرى  
جماليات فن الإفساح

التاريخ من شتى جوانبه ٣ ج  
الحملة الصليبية الأولى

التعميل للسينما والتلفزيون  
العثمانيون في أوربا

الكنائس القبطية القديمة في مصر ٢ ج  
رحلات قارتيما

الهم يصنعون البشر  
في اللقد السينمائي الفرنسي

السينما الشبالية  
السلطة والقرد

الأزهر في ألف عام  
رواد الفلسفة الحديثة

سفر نامه  
مصر الرومانية

كتابة التاريخ في مصر ق ١٩  
الاتصال والهيمنة الثقافية

مختارات من الأدب الآسيوية  
الكاتب الحديث

الشموس المتفجرة  
مدخل إلى علم اللغة

حديث النهر  
من هم التتار

ماستريخت  
معالم تاريخ الانسانيات ٤ ج  
ما بعد العداوة

ادوارد ميرى  
اختيار / د. فيليب عطية

اعداد / موني براخ وآخرون  
أدم فيليب

نادين جورديمير  
زيجموند هبتر

ستيفن أوزمنت  
جوناثان ريلي سميت

تأليف / توني بار  
بول كولندر

الفرويه ج. بتر  
ر. ح. قوريس

فانس بكارد  
اختيار / د. رفيق الصبيان

بيتر نيكولز  
بتراند راصل

بيارد دودج  
ريتشارد شاخ

ناصر نعيم علوي  
لقطاي لويش

جاء كرايمس جونسون  
مريت شيلر

اختيار / ميري الفظف  
ج. م. فورد

اسحق عظيموف  
لوريتو رود

ترجمة / سوريال عبد الملك  
د. أبرار كروم الله

امداد / جابر محمد الجليل  
ه. ج. ولز  
مارجريت دوتز

جوستاف جرونبيوم	حضارة الاسلام
ستيغن رانسيما	الحمالات الصليبية
ارنولد جزيل وآخرون	الطفل ٢ ج
جلال عبد الفتاح	الكون ذلك المجهول
بادى اوئيمود	افريقيا الطريق الآخر
مصمى زيتهم	فن الزجاج
ريتشارد ف • بروتون	رحلة بيرتون ٣ ج
د • فيليب عطية	السحر والعلم والدين
القرن الرابع الهجرى انعم مقرر	الحضارة الاسلامية فى القرن الرابع الهجرى
فاسكو داجاما	رحلة فاسكو دا جاما
ايفرى شاتزمان	كوننا المتمد
سموندرى	الفلسفة الجوهرية
مارتن فان كريفك	حرب المستقبل
فرانسيس ج • برجين	الاعلام التطبيقى
ج كارفيل	تبسيط المفاهيم الهندسية
توماس ليبهارت	فن الماييم والبالتوماييم
الفين توفلر	تحويل السلطة
ادوارد بروتو	التفكير المتجدد
كريستيان سالين	السيناريو فى السينما الفرنسية
جوزيف • م • بوجز	فن الفرجة على الافلام
بول وارن	خطايا نظام النجم الأمريكى

## نبذة عن المؤلف

ولد أسحق عظيموف ، الرائد العالمى للخيال العلمى ، فى ١٩٢٠ بالقرب من سمولينسك بروسيا . وقد انتقل به أهله الى الولايات المتحدة وهو فى الثالثة من عمره واستقروا فى حى بروكّين بنيويورك ، حيث ، التحق بالمدرسة الابتدائية . وكان عظيموف ، الذى حصل على الجنسية الأمريكية وهو فى الثامنة من عمره ، يتمتع بذاكرة فائقة مكنته من إنهاء المرحلة الثانوية قبل السادسة عشرة من عمره . ثم التحق بجامعة كولومبيا حيث تخصص فى الكيمياء على غير رغبة والده الذى كان يود أن يدرس الطب . وبعد التخرج انضم عظيموف الى صفوف الجيش لفترة قصيرة ، ومالئ بعدها أن حصل على درجة الدكتوراه فى ١٩٤٩ . وقد عين مدرسا لمادة الكيمياء الحيوية فى كلية الطب بجامعة بوسطن حيث حصل على لقب أستاذ مساعد فى عام ١٩٥٥ لما أنجزه من أبحاث فى مجال الحمض النووى غير أن التزامات البحث العلمى بدأت تغطى بشكل متزايد على ميوله الأدبية ، فقرر فى عام ١٩٥٨ الاستقالة ليتفرغ تماما للتأليف مع المحافظة على صلته بالجامعة .

وقد بدأ عظيموف مجلة الرائع ككاتب للخيال العلمى فى عام ١٩٣٩ بقصة قصيرة نشرت فى مجلة Amazing Stories بعنوان Marooned off Vesta وصار بعد ذلك يكتب بانتظام للعديد من مجلات الخيال العلمى ومنها Super Science Etories Astonishing Stories Astounding Galaxy وقد فاز عظيموف بجائزة « هوجو » ثلاث مرات وجائزة Nebula مرة واحدة. وكان كاتباً غزير الانتاج بجميع الميادين، حيث يصل رصيده الى ٣٠٠ كتاب علاوة على بضع مئات من المقالات . وإلى جانب أعماله العالمية الشهيرة فى مجال الخيال العلمى ، كتب عظيموف العديد من القصص البوليسية المثيرة ، وكتاب « تاريخ أمريكا الشمالية » فى أربعة أجزاء ، وكتاب « الدليل الى التوراه » فى جزئين ، فضلا عن عدد من القواميس والموسوعات والمراجع وقائمة من الكتب الشيقة فى شتى جوانب العلم ، علاوة على كتابين فى السيرة الذاتية .

مطابع الهيئة المصرية العامة للكتاب

رقم الإيداع بدار الكتب ١١٢٠٤/١٩٩٥

---

ISBN — 977 — 01 — 4639 0



يضم هذا الكتاب مجموعة رائعة من المقالات العلمية  
القيمة يطرح فيها «بلزلك الجلوم» لغاية القراء وللطالب  
المجتمد بعض أسرار الطبيعة والكون ويشرح:

كيف سيفند العالم وكيف سينشأ كون جديد من  
انقاص الكون الفاند

كيف يعد النجم الشمس مصدر الطاقة لماكنة  
الحياة على الأرض وكيف يمكن استغلال هذه الطاقة  
فد تشغيل الماكينات الميكانيكية المبتكرة كذلك.

كيف ساعد «أكليل الأواند» الشهير صممه اليساندرو  
فولت على فهم أسرار الكهرباء.

قصة اكتشاف الفيتامينات وماهية هذه العناصر  
الدقيقة وكيف يستفيد الجسم البشرى منها.

يثبت هذا الكتاب الثالث والعشرين فد سلسلة  
الكتاب التد ألفها اسحق عظيموف مدد قدرة هذا  
الكاتب الفد على شرح الألغاز الحقيقية لهذا الكون  
بأسلوب بسيط وسلس